

BBVA

Innovación dentro y fuera de la empresa: cómo fomentan los mercados de tecnologías la innovación abierta

Alfonso Gambardella
Università Bocconi, Milán

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha prestado una atención considerable al fenómeno de la *innovación abierta* (Chesbrough, 2003). Explicado en pocas palabras: la innovación ya no se produce de forma casi exclusiva en el interior de la empresa, sino que puede desarrollarse, además, en numerosos espacios fuera de ella. Las fuentes de innovación abierta son diversas y, entre ellas, una muy conocida es la de los desbordamientos de conocimiento, que consisten en el aprovechamiento por las empresas de conocimiento o información de terceros o, como lo expresó Marshall, que se encuentra «en el aire». Últimamente se ha producido un auge del fenómeno denominado *código abierto*, mediante el cual el conocimiento y la información son distribuidos libremente por sus creadores, en un contexto en el que la producción y la distribución de conocimientos se rigen por normas bien establecidas (Lerner y Tirole, 2002). Una forma *antigua* de código abierto es la ciencia abierta, la cual, asimismo, se basa en normas claras de producción y difusión de conocimientos (Dasgupta y David, 1994). La ciencia abierta y, en particular, la proximidad de las empresas a la universidad u otras instituciones científicas, se ha considerado en sí misma una fuente de desbordamientos (Alcacer y Chung, 2007).

Si bien los desbordamientos de conocimiento y el código abierto (o ciencia abierta) tienen una indudable importancia como fuentes de innovación abierta, este trabajo se centra en la adquisición o distribución de conocimiento que depende de un mecanismo económico estándar, esto es, el de las fuerzas del mercado. A diferencia de los desbordamientos y el código abierto, que implican un intercambio de conocimientos basado en fuerzas o normas ajenas a los mercados, en el caso que nos ocupa el intercambio de conocimientos tiene lugar a cambio de una remuneración, en cualquiera de las diversas formas que puede adoptar, como, por ejemplo, derechos de licencia, participación en beneficios, acuerdo de codesarrollo o suministro de recursos para la innovación. Pero, sea cual sea la forma de remuneración elegida, lo que distingue esta fuente de las otras es que, en este caso, el conocimiento pasa a ser objeto de comercio. Como se verá más adelante, esta actividad comercial es más complicada que la realizada con los productos habituales y tiene muchas más limitaciones. No obstante, no solo es posible, sino que ha ido adquiriendo cada vez más relevancia en los últimos años.

En este capítulo se analizará la noción de comercio tecnológico en un sentido amplio. Además del ejemplo clásico del contrato de licencia, por el que una empresa vende tecnología a

otra a cambio del pago de una contraprestación económica, existen otras formas más complejas de adquisición de tecnología, en particular las alianzas y otros tipos de acuerdos de colaboración para el desarrollo de actividades de innovación. Se mantendrá deliberadamente la ambigüedad en esta definición a fin de que el lector pueda interpretar el comercio tecnológico como prefiera.

La razón de que centremos nuestra atención en estas fuerzas del mercado es doble. En primer lugar, como se ha indicado, su aparición es reciente. Por ejemplo, de 1980 a 2003 en los países del G8, las cantidades abonadas e ingresadas por adquisición de tecnología se incrementaron anualmente en un promedio del 10,7% y alcanzaron un volumen anual aproximado de 190.000 dólares USA en 2003 (OCDE, 2006). Arora *et al.* (2001) y Arora y Gambardella (2010a y 2010b) proporcionan datos sistemáticos adicionales que corroboran esas tendencias. En segundo lugar, los mercados son, en general, un centro importante de crecimiento económico. No cabe duda de que buena parte del conocimiento se difunde hoy a través de fenómenos como los desbordamientos, el código abierto o la ciencia abierta y en este trabajo no es mi intención discutir o reivindicar la superioridad del mecanismo del mercado frente a esas otras fuentes. No obstante, la formación de mercados del conocimiento, o de mercados de tecnologías, es crucial para muchos aspectos del crecimiento del conocimiento, su difusión o la capacidad de las empresas para utilizar el conocimiento cada vez más eficazmente como recurso. Crean, sobre todo, nuevas opciones estratégicas para las empresas, ya que estas pueden decidir si comprar, crear o vender tecnología. Sin estos mercados, la única opción estratégica para los innovadores de productos sería generar su propia tecnología, y para los creadores de tecnología, invertir en los activos necesarios para vender el producto que incorpora la tecnología.

El objetivo de este trabajo es estudiar los factores que hacen posible la formación de

los mercados de tecnologías y los límites a su desarrollo, aunque también se examinarán algunas de sus implicaciones para la estructura de la industria y la estrategia empresarial. Más específicamente, el artículo está organizado como sigue. La sección siguiente ofrece una descripción general de la naturaleza y los límites de los mercados de tecnologías. A continuación se tratan las consecuencias que la inexistencia de estos mercados puede tener para los activos y, en especial, lo que podrá observarse cuando se formen estos mercados. En la cuarta sección se plantean las tres principales limitaciones a la formación de mercados de tecnologías: una limitación cognitiva, es decir, la que produce en las transacciones de conocimiento la dificultad para identificar el objeto del intercambio; una limitación en cuanto al coste de la transacción, por cuanto se necesitan instituciones adecuadas para que estos mercados funcionen; y una limitación relativa al tamaño del mercado, pues el conocimiento tiene propiedades especiales y solo en algunas condiciones un conocimiento determinado tiene un mercado lo suficientemente grande como para justificar su comercialización. En la conclusión se analizan algunas repercusiones para la estructura de la industria y la estrategia empresarial.

Este artículo utiliza parte de las investigaciones que, sobre este tema, he llevado a cabo con Ashish Arora y Andrea Fosfuri. En él presento un resumen de algunos de los principales aspectos e implicaciones de nuestro trabajo. Sin que con ello quiera atribuirles ninguna responsabilidad por los defectos o limitaciones que puedan encontrarse en este capítulo, animo al lector interesado a leer los trabajos de Arora *et al.* (2001a) o de Arora y Gambardella (2010a y 2010b), en los que se estudian más extensamente algunas de las cuestiones que se abordan en estas páginas.

ANTECEDENTES

El intercambio de tecnología entre partes independientes no es un fenómeno nuevo. En una serie de artículos, Lamoreaux y Sokoloff (1996

“Todavía a mediados del siglo XX muchas grandes empresas recurrían a fuentes externas de ideas, especialmente en el extremo inicial del espectro de conocimientos. Mueller (1962), por ejemplo, documenta que un buen número de las invenciones de primer orden de las que Du Pont era titular en la primera mitad del siglo XX procedía de ideas que Du Pont adquirió a inventores externos o empresas más pequeñas”

y 1999) estudian la existencia de un mercado activo de patentes en Estados Unidos en el siglo XIX. Los inventores, por lo general, creaban tecnologías que luego vendían a empresas que las desarrollaban y utilizaban para la fabricación y comercialización de productos, o las empleaban en procesos. Resulta interesante comprobar que Lamoreaux y Sokoloff también documentan la existencia de servicios e instituciones en apoyo de la comercialización de tecnología, y cuya presencia es habitual cuando existe un mercado. Encontramos en la época, por ejemplo, abogados de patentes que prestaban sus servicios tanto a inventores como a empresas en sus relaciones

comerciales; revistas especializadas o publicaciones especiales que proporcionaban información sobre las tecnologías que se vendían; y la propia oficina de patentes desempeñaba un papel fundamental en este intercambio, ya que certificaba la titularidad y el carácter novedoso de la invención.

Como ya observaron Lamoreaux y Sokoloff, el mercado estadounidense de patentes sufrió un fuerte retroceso alrededor de la década de 1920. Un motivo importante para ello fue que el desarrollo de tecnologías se hizo demasiado arriesgado y complejo para ser controlado por los propios inventores; requería, por ejemplo, un equipo costoso que los inventores, o sus pequeñas empresas, no podían pagar. Otro motivo, relacionado con el primero, fue que el conocimiento en sí se hizo más complejo e interdisciplinar, lo que exigía la contribución de especialistas en muchos campos. En consecuencia, los inventores empezaron a ser contratados cada vez más por empresas de mayor dimensión, las cuales, al mismo tiempo, comenzaron a hacerse lo suficientemente grandes como para soportar los costes y los riesgos crecientes de la innovación.

Sin embargo, todavía a mediados del siglo XX muchas grandes empresas recurrían a fuentes externas de ideas, especialmente en el extremo inicial del espectro de conocimientos. Mueller (1962), por ejemplo, documenta que un buen número de las invenciones de primer orden de las que Du Pont era titular en la primera mitad del siglo XX procedía de ideas que Du Pont adquirió a inventores externos o empresas más pequeñas. Arrow (1983) elabora una teoría sobre este punto. Según sus observaciones, grandes y pequeñas empresas tienen ventajas comparativas en diferentes tipos de innovación o en diferentes etapas de la actividad innovadora. En las grandes empresas existe una distancia organizativa mayor entre el inventor y el directivo responsable de financiar la innovación, lo que significa que las empresas financian únicamente proyectos en los que no es excesiva la información asimétrica entre los directivos y los inventores. Sin

embargo, esta menor información asimétrica es típica de proyectos para los que existe un conocimiento y una información abundantes, es decir, aquellos que son menos arriesgados e innovadores. Cuando los proyectos son especialmente innovadores es más probable que el inventor disponga de más información que el directivo y, en ese caso, lo normal es que el directivo (o el financiador externo) asuma un mayor riesgo con su financiación. Las empresas más pequeñas, o incluso empresas fundadas por el inventor, presentan una distancia organizativa menor, lo que resta gravedad al problema de la información asimétrica. Al mismo tiempo, empresas más grandes cuentan con un mayor número de recursos internos para financiar proyectos e invenciones a mayor escala. Esto es típico en la última fase del desarrollo de innovaciones o ideas iniciales, o de proyectos de investigación más básicos que requieren una considerable inversión en equipos o recursos a gran escala. Como resultado de ello, las empresas pequeñas se especializan en el desarrollo de proyectos más arriesgados que exigen un número más limitado de recursos, mientras que las grandes empresas se especializan en proyectos a mayor escala, ya sea en el tramo superior o inferior de la cadena de valor. Dadas las complementariedades entre estos dos tipos de proyectos, Arrow concluye que «un mercado de empresas», en el que las empresas más grandes compran los pequeños negocios que producen ideas nuevas, puede hacer más eficientes a nuestras economías mediante la división del trabajo en la innovación basada en las ventajas comparativas.

Teece (1988) analiza los motivos de que un mercado de servicios de investigación y desarrollo (I+D) pueda encontrarse con serias limitaciones. Postula que las interdependencias entre tareas en el proceso de innovación, y la lógica de incertidumbre asociada al desarrollo y la comercialización de innovaciones, crean al menos tres fuentes de costes de transacción. La primera, la dificultad de proporcionar especificaciones detalladas de los requisitos de las tareas desde

“Las empresas pequeñas se especializan en el desarrollo de proyectos más arriesgados que exigen un número más limitado de recursos, mientras que las grandes empresas se especializan en proyectos a mayor escala, ya sea en el tramo superior o inferior de la cadena de valor”

el comienzo del proceso de innovación. Estas especificaciones van definiéndose con mayor precisión a medida que se va avanzando en el proceso y por ello, los contratos, que han de formalizarse al principio, resultan en gran parte incompletos y exponen a una parte al comportamiento oportunista de la otra. La segunda se produce cuando una empresa desarrolla una relación muy estrecha con un proveedor de tecnología y la interdependencia que se crea puede acabar produciendo costes hundidos y, en último término, gastos y problemas si se desea cambiar de proveedor. Por último, la necesidad de comunicar información antes de la firma del contrato a los proveedores aspirantes puede obligar a las empresas a compartir valiosa información exclusiva e incrementa el riesgo de que los competidores descubran sus planes de I+D.

Según la conclusión de Teece (1988), estas razones explican por qué la creación, el desarrollo y la comercialización de productos y procesos nuevos han sido actividades tradicionalmente

confinadas al interior de la empresa. Esta conclusión coincide con la opinión clásica de Grossman y Hart (1986) y Hart y Moore (1990), quienes argumentan que la integración vertical, y el poder que confiere, ayuda a resolver los problemas del comportamiento oportunista que puede producirse cuando los contratos son incompletos. En el caso de la innovación, eso significa que la empresa puede especificar y organizar las acciones de los diversos participantes en el proceso de innovación durante su desarrollo. En una línea semejante, Arrow (1975) elabora un modelo que muestra que uno de los factores determinantes de la integración vertical es la información asimétrica relativa a la calidad del suministro. De igual modo, formar parte de la misma organización ayuda a los distintos especialistas a adquirir un mejor conocimiento de los respectivos problemas y necesidades, compartir objetivos y creencias comunes y adoptar un mismo lenguaje (Arrow, 1974). Todo ello facilita la colaboración y el intercambio de información y aumenta la productividad del proceso de innovación.

Teece (1988) señala asimismo que el problema es más grave cuando se trata de tecnologías más complejas, como las tecnologías sistémicas que requieren profundas interdependencias entre numerosas actividades, en comparación con innovaciones más autónomas. Reconoce, pues, que las ventajas de integrar las actividades de innovación dentro de la misma organización pueden variar en función de los sectores y las tecnologías de que se trate. Sin embargo, proporciona numerosos ejemplos para demostrar que la falta de una integración adecuada de la I+D con las actividades de fabricación y comercialización conduce a un rendimiento deficiente en el campo de la innovación. En suma, la perspectiva de Teece (1988) ofrece el soporte teórico lógico para el debate que se puede encontrar, por ejemplo, en Chandler (1990), quien afirma que, históricamente, la ventaja de las grandes empresas integradas ha sido su capacidad para realizar inversiones sistemáticas en la triple vertiente de I+D, producción y comercialización.

LOS EFECTOS DE LOS ELEVADOS COSTES DE TRANSACCIÓN EN LOS MERCADOS DE ACTIVOS EMPRESARIALES

Para comprender mejor las implicaciones de los mercados de tecnologías resulta de utilidad comenzar con un análisis más general de las consecuencias de los elevados costes de transacción en los mercados de activos empresariales. En líneas generales, constituyen estos activos la tecnología; los conocimientos, los equipos y las instalaciones necesarios para la producción; una fuerte reputación de marca; el capital humano; las redes de proveedores, y unos canales de comercialización consolidados.

Según la teoría de recursos de la empresa, para que sean una fuente de rendimiento continuo superior, los recursos deben cumplir tres criterios: deben ser valiosos, escasos e imperfectamente móviles o transferibles (Barney, 1991; Peteraf, 1993; Markides y Williamson, 1996). En otras palabras, una ventaja competitiva debe sustentarse en recursos de los que no existen o no pueden existir mercados estables o cuyos costes de transacción son elevados. De este modo, la empresa crea una ventaja competitiva sostenible gracias al acceso a activos a los que sus competidores no pueden acceder. Barney (1986) observa que la posesión de estos activos debe tener sus raíces en imperfecciones del mercado de factores estratégicos, es decir, el mercado en el que se negocian los factores utilizados para crear esos activos, y estas imperfecciones en última instancia se producen por las diferencias en las expectativas que las empresas tienen sobre el valor futuro de los activos (Barney, 1991). Por su parte, Dierickx y Cool (1989) afirman que no todos los activos que se necesitan para mantener una ventaja competitiva pueden comprarse y venderse, y que esos activos deben acumularse internamente a través de una serie de mecanismos a lo largo de un periodo de tiempo. De igual forma, gran parte de los estudios sobre estrategia tecnológica ha abordado el problema suponiendo implícita o explícitamente que los activos tecnológicos no pueden comprarse y venderse

directamente y que los servicios de dichos activos no pueden ser *alquilados*. En el contexto del análisis que realizamos en este capítulo una pregunta interesante que podemos hacernos es qué sucede cuando algunos activos que no eran comercializables pasan a ser, de pronto, objeto de comercio.

La consecuencia inmediata de la inexistencia de un mercado tecnológico, o de la existencia de uno muy imperfecto, es que el innovador debe encontrar las fuentes de la tecnología principalmente en el interior de la propia empresa. Es decir, para poder obtener el beneficio de la tecnología (o, más bien, de sus servicios) debe estar incorporada a bienes y servicios para su comercialización. Estos bienes y servicios deben tener costes inferiores, o venderse a precios superiores, para que generen rentas superiores a la tasa competitiva de rentabilidad, es decir, se obtengan cuasi rentas.

Imaginemos una empresa que ha desarrollado una nueva tecnología que reduce costes en la fabricación de un producto determinado. Para extraer valor a esa tecnología, la empresa debe utilizarla en la fabricación del producto. No solo es necesario que la empresa tenga acceso a los activos complementarios (tales como terrenos y equipos físicos o canales de comercialización), sino que la rentabilidad dependerá también del volumen que la empresa pueda fabricar y vender. Si los activos complementarios no se negocian en un mercado competitivo, o si el acceso de las empresas a estos activos varía de unas a otras, las empresas que tengan mayor acceso a estos activos complementarios podrán obtener mayor valor de esa tecnología. De igual modo, las empresas que puedan explotar la tecnología a mayor escala podrán obtener asimismo mayor valor (Cohen y Klepper, 1996; Klepper, 1996).

Continuando con el razonamiento: las empresas de mayor tamaño o las empresas con un mayor acceso a activos complementarios estarán más dispuestas a invertir de entrada en la tecnología. Es más, las empresas que inviertan en tecnología harán bien en invertir también en

los activos complementarios que no puedan ser adquiridos fácil y eficientemente en el mercado. En otras palabras, las empresas, como dice Teece (1986), deben invertir en la creación de activos coespecializados para maximizar las rentas generadas por el desarrollo de nueva tecnología. En definitiva, ante la inexistencia de un mercado tecnológico, a menudo una empresa deberá adquirir otros activos para poder obtener beneficios de la tecnología. Si estos otros activos son, a su vez, caros y con poco mercado, las empresas bien capitalizadas, grandes e integradas que posean dichos activos se sentirán más inclinadas a invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías (Nelson, 1959). Por el contrario, las empresas de menor tamaño deberán hacer frente a mayores obstáculos en el desarrollo y la comercialización de tecnología.

La situación es totalmente diferente cuando el activo se puede vender o alquilar. No es necesario que el desarrollador de tecnología tenga en propiedad o incluso acceda directamente a los activos complementarios. La importancia relativa de los activos complementarios dentro de los límites de cada empresa disminuye en proporción a la existencia de dichos activos en el conjunto del sector o del mercado. Resulta evidente que los costes o los factores de transacción pueden incrementar el coste de adquisición de los activos complementarios en el exterior en comparación con los que se poseen internamente, incluso cuando existen esos mercados. No obstante, a medida que disminuye la importancia de las imperfecciones, la existencia de los activos complementarios en el mercado o el sector, por utilizar la terminología de Teece, puede compensar la falta de dichos activos en la empresa.

Por último, la existencia de un mercado proporciona al innovador —la empresa que ha desarrollado nueva tecnología— más opciones. En lugar de incorporar una tecnología recién desarrollada en bienes y servicios, la empresa puede optar por vender o ceder mediante licencia su tecnología a otros, o puede decidir comprarla a proveedores externos en lugar de desarrollarla

“La consecuencia inmediata de la inexistencia de un mercado tecnológico, o de la existencia de uno muy imperfecto, es que el innovador debe encontrar las fuentes de la tecnología principalmente en el interior de la propia empresa”

por sí misma. No significa esto que las empresas solo vayan a adquirir tecnologías a fuentes externas. Empresas de primer orden seguramente optarán por mantener un adecuado equilibrio entre la adquisición externa y el desarrollo interno de tecnologías, aun cuando para empresas con menor capacidad tecnológica propia, la existencia de fuentes externas de tecnología puede resultar crítica para la mejora de su capacidad para fabricar y vender productos más innovadores. Asimismo, un mercado de activos tecnológicos no significa que las empresas innovadoras vayan a convertirse en empresas dedicadas meramente a la concesión de licencias, aunque algunas pequeñas (y no tan pequeñas) empresas hayan tenido éxito como proveedores especializados de tecnología. En realidad, la estrategia apropiada en presencia de mercados de tecnologías depende de la eficiencia de los mercados de otros tipos de activos, incluidos los financieros.

Por otra parte, cuando se analiza el modo en que un mercado tecnológico condiciona las estrategias, debe tenerse en cuenta otra fuerza a nivel sectorial. Los mercados, en particular los mercados eficientes, son grandes niveladores.

Como se verá más adelante, en la Conclusión, un mercado tecnológico rebaja las barreras de entrada e incrementa la competencia en el mercado del producto, lo que a menudo implica un replanteamiento de las estrategias existentes en ese momento. A su vez, eso supone que cuando existe, y funciona bien, un mercado para un activo, este activo no puede ser fuente de una ventaja competitiva sostenible y las empresas han de buscar en otra parte para conseguir esa ventaja sobre sus competidores. Esta es una consecuencia importante de los mercados de tecnologías. Cuando existen, la tecnología no puede quedar sujeta a ningún tipo de exclusividad, aunque el área que probablemente sí conservará su naturaleza exclusiva sea el conocimiento de clientes y mercados y los activos que relacionan estos mercados y clientes a una empresa específica frente a sus competidores. Este conocimiento, y los activos subyacentes, depende de que se realice un volumen considerable de inversiones y de la acumulación de una buena cantidad de experiencia en estos mercados y clientes. Mientras los mercados de esos activos sigan siendo más imperfectos que los mercados tecnológicos, es posible que las capacidades de comercialización, la información relativa a mercados y otros activos de la fase final de la cadena de producción resulten mejores fuentes de ventajas diferenciales frente a los competidores.

LÍMITES Y OPORTUNIDADES EN EL CRECIMIENTO DE LOS MERCADOS DE TECNOLOGÍAS

Incertidumbre y limitaciones cognitivas

Un límite importante al crecimiento de los mercados de tecnologías son las considerables incertidumbres que suscita el objeto de intercambio fundamental: el conocimiento o la tecnología. Esta situación se da especialmente cuando la tecnología no está codificada, sino integrada en personas o máquinas, y se basa sobre todo en la experiencia más que en principios generales, como es el caso, por ejemplo, de las mejoras en un proceso de producción o en un servicio, que pueden ser difíciles de definir y

codificar con precisión. En esos casos, el objeto de la transacción no estará, de entrada, bien delimitado y esta ambigüedad hará más difícil la comercialización del proceso mejorado.

Como Arora y Gambardella (1994) han argumentado, el incremento en el grado en que las tecnologías industriales se basan en la ciencia (incluidas las ingenierías) y el uso de instrumentos y ordenadores avanzados están reduciendo la proporción de tecnología *inarticulable*. Gracias a los avances en la informática, incluso en el *software*, muchos problemas técnicos (en el sector del diseño, los semiconductores, la biotecnología y otros muchos) pueden determinarse de forma lógica (por ejemplo, con lenguaje matemático) y capturarse en *software*. Existen, además, sinergias útiles con patentes que facilitan las transacciones de tecnología. La tecnología codificada es más fácil de patentar y, a la inversa, la mayor apreciación que se está dando en la actualidad hacia los derechos de propiedad industrial e intelectual fomenta la codificación de innovaciones.

Las dificultades, sin embargo, no son solamente contractuales. También resulta difícil averiguar quién tiene la tecnología que necesitamos y el precio al que puede estar disponible, si lo está. Conocer lo que tienen y cómo utilizarlo agrava el problema. Al vendedor, por su parte, también le puede resultar complicado identificar a los posibles compradores y, una vez identificada una parte interesada, puede resultar no menos problemático llegar a un acuerdo sobre el precio. Además, las nuevas tecnologías están a menudo rodeadas de incertidumbre comercial (Rosenberg, 1996). En pocas palabras, es difícil saber qué aplicaciones puede tener la tecnología, lo que eleva los costes de búsqueda de compradores y proveedores, obliga a plantear consideraciones sobre valores opcionales y no valores reales y somete las posibles transacciones a las distintas formas de sesgo que pueden darse en las situaciones de incertidumbre. El resultado final es que las transacciones de tecnología son más imperfectas y difíciles de llevar a cabo.

“La tecnología codificada es más fácil de patentar y, a la inversa, la mayor apreciación que se está dando en la actualidad hacia los derechos de propiedad industrial e intelectual fomenta la codificación de innovaciones”

¿Son las patentes una solución a las limitaciones contractuales en la comercialización de la tecnología?

La limitación formulada por Teece (1988), a la que nos hemos referido con anterioridad, apunta fundamentalmente a una limitación en nuestra capacidad de elaborar contratos cuyo objeto no esté bien definido, como es el caso del conocimiento o la tecnología. La solución que ofrece Arrow (1962) al problema clásico del intercambio de información es recurrir a la protección de la propiedad industrial. Bajo su amparo, el vendedor podrá revelar los detalles a los posibles compradores y reducirá, al mismo tiempo, las ineficiencias generadas por los contratos incompletos. Esta estrecha relación que se establece entre las patentes, el mercado tecnológico y la especialización en la invención se refleja en las tendencias observadas en la actividad patentadora y las medidas del mercado tecnológico. Lamoreaux y Sokoloff señalan que la actividad patentadora per cápita en Estados Unidos creció durante el siglo XIX y alcanzó su nivel máximo a principios del XX, decayendo en intensidad a partir de ese momento y reflejando estrechamente las tendencias en las actividades de los

inventores y en las operaciones con patentes. En la segunda mitad de la década de 1980 la obtención de patentes por unidad de inversión en I+D en Estados Unidos cambió de tendencia y comenzó a aumentar, casi al mismo tiempo que se produjo el resurgimiento de los mercados de tecnologías (Arora y Gambardella, 2010a).

Desde una perspectiva teórica, Arora (1995) ofrece un modelo que clarifica algunas condiciones importantes en las que puede darse la comercialización de tecnología, y el papel de las patentes en este proceso. Numerosas transacciones de tecnología van acompañadas de la prestación de servicios complementarios —como la transmisión de conocimientos técnicos y la prestación de servicios técnicos— junto con una tecnología concreta, por ejemplo una patente bajo licencia (Taylor y Silberston, 1973; Contractor, 1981). Arora plantea en su modelo la situación en la que, junto con la tecnología, el vendedor haya de transferir igualmente unos conocimientos técnicos específicos. Dada la dificultad que supone verificar objetivamente que se está transfiriendo la totalidad de los conocimientos necesarios, el licenciante puede sentirse tentado a retener alguna parte, ya que la prestación de esos servicios resulta costosa. A la inversa, si se hubiera pactado en el contrato condicionar la realización de determinados pagos a la transmisión de conocimientos técnicos, el licenciario puede decidir dejar de pagar alegando que no se le han proporcionado los conocimientos adecuados.

El modelo muestra que estos problemas pueden solucionarse escalonando el pago al licenciante a lo largo de un periodo de tiempo y protegiendo la tecnología con derechos de propiedad industrial e intelectual. El valor que adquiere el comprador depende de la combinación de tecnología y conocimientos técnicos. Dado que, una vez facilitados los conocimientos, no se pueden recuperar, el licenciante tiene una herramienta de presión en la retirada de los derechos de utilización de la tecnología, ya que, dada su complementariedad, los conocimientos

técnicos sin una licencia de explotación de la patente ven reducido su valor. En algunos casos, el emparejamiento con otros elementos complementarios, por ejemplo el uso de maquinaria especializada, puede cumplir una función similar (Arora, 1996).

La literatura empírica ofrece datos de uno y otro cariz acerca de la relación entre protección mediante patentes y contratos de licencia de tecnología. Utilizando una muestra de 118 invenciones del Massachusetts Institute of Technology (MIT), Gans, Hsu y Stern (2002) han concluido que la presencia de patentes incrementa la probabilidad de que un inventor ceda su invento bajo licencia a una organización en lugar de comercializarlo él mismo en el mercado (véase también Decheneaux *et al.*, 2008). Según los datos aportados por Anand y Khanna (2000), en el sector químico —en el que se cree que las patentes son más eficaces— tiene lugar un mayor número de transacciones de tecnología; una mayor proporción de estas se realiza en condiciones de mercado (entre empresas no pertenecientes al mismo grupo), con licencias exclusivas; y una mayor proporción de las licencias concedidas tiene como objeto tecnologías futuras frente a tecnologías ya existentes. Por el contrario, Cassiman y Veugelers (2002) no consideran que unas patentes más eficaces animen a las empresas belgas a formalizar acuerdos de colaboración para I+D. Los datos transnacionales recogidos arrojan resultados desiguales (Arora y Gambardella, 2010a).

Arora y Ceccagnoli (2006) ofrecen una posible solución a esta evidencia empírica contradictoria. Argumentan que, cuando la concesión de licencias resulta atractiva, la protección por medio de patente facilita la formalización de licencias. No obstante, para empresas con capacidad para comercializar tecnología por sí mismas, la protección con patentes incrementa también los beneficios de la comercialización. Analizando los datos recopilados en un estudio exhaustivo de empresas con actividades de I+D en Estados Unidos, llegan a la conclusión de que

la protección con patentes incrementa la concesión de licencias, aunque únicamente entre las empresas que carecen de capacidades industriales complementarias. Hall y Ziedonis (2001) proporcionan datos similares para la industria de los semiconductores: en igualdad de condiciones, los pequeños especialistas en diseño se sienten más dispuestos a patentar y el estudio de casos prácticos parece indicar que esa decisión viene motivada por su intención de ceder su tecnología mediante licencia.

Las tecnologías de aplicación general y el tamaño de los mercados tecnológicos

Gran parte de lo visto hasta aquí se centra en los factores que afectan al coste y la eficiencia de las transacciones de tecnología. No obstante, como dijo Adam Smith, la división del trabajo tiene como límite el tamaño del mercado. Así pues, aunque se pudieran solucionar satisfactoriamente los problemas contractuales, la existencia de una verdadera división del trabajo en la producción y utilización de conocimiento y tecnologías dependería del tamaño del mercado para sus aplicaciones.

Para comprender bien esta cuestión es necesario definir mejor lo que se entiende por tamaño de mercado en el caso de la tecnología. Supongamos que un conjunto de conocimientos o una tecnología sirven exclusivamente para una única aplicación que hace una sola empresa. El carácter tan específico de esos conocimientos o de esa tecnología hará difícil que puedan *reutilizarse* para otras aplicaciones. En estos casos, el coste de I+D solo podrá imputarse al volumen de productos fabricados con esa aplicación, lo que significa que el posible proveedor no obtendrá ninguna ventaja económica de la actividad de I+D en comparación con la empresa que fabrica y vende el producto, ya que el tamaño del mercado de la tecnología no será mucho mayor que el del producto al que se aplica. Además, las ventajas comparativas del proveedor no crecerían aunque aumentara el tamaño del mercado (de ese producto y, por tanto, de esa aplicación). En

otras palabras, si un proveedor especializado se limita a un único comprador, la especialización no ofrece ninguna ventaja que pueda compensar los costes de transacción y otros costes que inevitablemente van asociados.

La especialización ofrecerá ventajas únicamente si el proveedor que incurre en los costes fijos puede trabajar con diferentes fabricantes por un pequeño coste adicional nada más. Para ello hace falta que los fundamentos de la tecnología o de los conocimientos del proveedor no sean totalmente exclusivos de determinados contextos o entornos. Es decir, que aunque la tecnología haya de ser adaptada para cada nueva aplicación o usuario, al menos partes de la tecnología y los conocimientos puedan ser reutilizadas con un coste cero o solo un pequeño coste adicional. En estas condiciones, los proveedores especializados tendrían una ventaja sobre cualquier usuario individual ya que, aunque el usuario pueda también reutilizar el conocimiento, lo hará con mucha menor frecuencia que un proveedor especializado que trabaje con un conjunto de usuarios.

En resumen, lo que queremos decir es que la probabilidad de que se formen mercados de tecnologías y aparezcan proveedores de tecnología especializados es mayor cuando las tecnologías tienen una aplicación general (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Rosenberg, 1976), o cuando la tecnología se basa en un «conocimiento general y abstracto» (Arora y Gambardella, 1994). Las tecnologías de aplicación general (TAG) son aquellas que tienen múltiples aplicaciones. Dado que el coste fijo asociado al desarrollo de dichas tecnologías puede amortizarse en un mayor número de aplicaciones, la eficiencia de los proveedores especializados de TAG crece al incrementarse el número de potenciales aplicaciones. De este modo, las ventajas de la especialización aparecen al incrementarse el tamaño del mercado, siempre que dicho incremento se deba a un mayor número de usuarios potenciales de la TAG y no al mayor tamaño de un usuario o una aplicación.

“Las tecnologías específicas están especialmente adaptadas —son coespecializadas— a una aplicación determinada, pero no pueden utilizarse para otras aplicaciones”

Bresnahan y Gambardella (1998) han desarrollado un modelo en el que, según postulan, el tamaño del mercado tiene dos componentes: N , que es el número de aplicaciones diferentes de una tecnología, y S , que es el tamaño medio de cada aplicación. Su intención es demostrar que cuanto mayor es N , mayor es la probabilidad de que se produzca una división vertical del trabajo: las empresas especializadas en tecnología generan TAG que suministran a los fabricantes que operan en diferentes segmentos del mercado final. A su vez, cuanto más crece S , mayor es la probabilidad de que las empresas de la fase última de la cadena de producción integren actividades con el fin de producir tecnologías específicas para sus negocios. Las tecnologías específicas están especialmente adaptadas —son coespecializadas— a una aplicación determinada, pero no pueden utilizarse para otras aplicaciones. Las TAG pueden, en cambio, utilizarse para muchas aplicaciones, pero tienen menos eficacia que una tecnología específica en cualquiera de ellas.

Lo que se desprende es que con un N elevado, un proveedor especializado de tecnología puede conseguir economías de escala en el conjunto del sector. Para ello, sin embargo, el proveedor debe producir una tecnología general que pueda ofrecer a los diferentes segmentos del mercado final. Por el contrario, con un S elevado, el mercado final de una aplicación específica es lo

suficientemente grande como para justificar una inversión de coste fijo en una tecnología especialmente diseñada para ella. De este modo, un N elevado fomenta la producción de TAG y, con ello, la explotación de economías de escala en el conjunto del sector asociadas a la amplitud del mercado final. Al contrario, un S elevado fomenta la producción de tecnologías específicas y la explotación de economías de escala en el ámbito reducido de la empresa (o la aplicación) asociadas a la profundidad del mercado final.

Bresnahan y Gambardella examinan el ejemplo del sector japonés de máquinas herramienta que ha desarrollado máquinas compactas de aplicación general para las diferentes necesidades de los pequeños fabricantes finales de muchas industrias manufactureras. Por el contrario, en Estados Unidos las máquinas herramienta están realizadas con tecnologías especializadas en gran medida en las necesidades de la gran industria del automóvil. La diferencia de enfoque no se debe a una cuestión nacional, ya que también señalan un ejemplo contrario, en el caso del *software*. En la década de 1980, el gran mercado de ordenadores personales de Estados Unidos, que suministraba a muchos tipos distintos de usuario, dio lugar a la fabricación de *software* empaquetado de uso general creado por proveedores especializados. En Japón, en cambio, había menos ordenadores personales y las máquinas de computación existentes eran, en su mayoría, ordenadores centrales propiedad de grandes empresas que los destinaban a aplicaciones especializadas. Como resultado de ello, Japón tuvo muchos grandes proveedores de *software* especializado, pero pocos fabricantes independientes de paquetes de *software*; incluso era frecuente que los usuarios desarrollaran su propio *software*.

Arora *et al.* (2009) han puesto a prueba las predicciones de Bresnahan y Gambardella utilizando datos de la industria química. En su modelo, las grandes empresas químicas —las que invierten en más de una planta— eligen entre diseñar la planta internamente o contratar a

un proveedor externo especializado en diseño y servicios de ingeniería. Las pequeñas empresas no tienen más remedio que recurrir a estas empresas especializadas de ingeniería para poder entrar en el mercado. Los autores generalizan el modelo haciendo que el número de empresas especializadas en ingeniería que operan en un mercado dependa de la demanda de sus servicios y, por tanto, de las decisiones de los compradores potenciales, es decir, las empresas químicas. En consonancia con las predicciones teóricas de Bresnahan y Gambardella (1998), concluyen que el número de empresas especializadas de ingeniería aumenta cuando el mercado crece por el incremento del número de compradores potenciales, pero no cuando la expansión del mercado se debe a un incremento del tamaño medio de los compradores.

Actualmente son cada vez más numerosos los ejemplos de tecnología de aplicación general y de desarrollo de mercados de tecnologías relacionados. Gambardella y McGahan (2010) examinan algunos de ellos, así como los modelos de negocio que siguen las organizaciones especializadas en tecnología. Por ejemplo, Maine y Garsney (2006) estudian las trayectorias de dos empresas de nanotecnología: Hyperion Catalysis y Cambridge Display Technology (CDT). Hyperion Catalysis ha desarrollado aplicaciones especiales para el fullereno, alótropo del carbono descubierto en 1985, que representa una tecnología general con muchas aplicaciones potenciales basadas en investigaciones sobre materiales de nanotecnología básica. En un principio Hyperion trató de encontrar aplicaciones para sus nuevos materiales y, al final, estudió las posibles aplicaciones a través de alianzas con fabricantes, la industria del automóvil, el sector aeroespacial y el sector de generación eléctrica. La estrategia ha sido todo un éxito, ya que Hyperion ha comercializado más de 40 productos en estos cuatro mercados diferentes. Por su parte, CDT ha desarrollado polímeros que emiten luz, otra tecnología general con aplicaciones potenciales en semiconductores,

electrónica de consumo y juguetes. También en este caso, licencias y alianzas con diversos fabricantes han abierto a la empresa vías hacia los mercados finales.

IMPLICACIONES DE LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN ABIERTA FOMENTADA POR EL MERCADO

La mejora de la eficiencia gracias a la división del trabajo en el proceso de innovación y un aumento de la actividad innovadora

Son muchas las implicaciones de los procesos de innovación abierta fomentada por el mercado. En esta sección final examinaremos tres de ellas: en el ámbito de las economías en general (este primer apartado), en el ámbito de los distintos sectores (el segundo apartado) y, por último, en el ámbito de las empresas y sus estrategias.

Un mercado tecnológico crea ventajas relacionadas con la posibilidad de generar especialización y división del trabajo basada en las posibles ventajas comparativas. Así lo argumenta Arrow (1983), como hemos visto en líneas anteriores. Tipos diferentes de empresas o participantes pueden especializarse en las actividades en las que son relativamente más eficientes; por ejemplo, las empresas más pequeñas, en proyectos innovadores más arriesgados en el tramo superior de la cadena de producción; y las empresas más grandes en proyectos de investigación a mayor escala o para el segmento final. El intercambio entre ellas crea beneficios que mejoran la eficiencia general del proceso de innovación.

Los beneficios de las transacciones de tecnología tienen su origen en tres fuentes distintas. La primera y principal son las ventajas relacionadas con el ahorro de costes que supone no tener que reinventar la rueda. Este aspecto es especialmente destacado en las operaciones internacionales de licencia de tecnología (un país no tiene que volver a inventar lo que ya ha sido inventado en otro) y en el estudio de las tecnologías de aplicación general (un sector no ha de reinventar lo que ya se ha inventado en otro sector y puede

“En industrias de alta tecnología, como las productoras de *software*, semiconductores o biotecnología, es frecuente la creación de empresas para investigar una sola innovación. Si la innovación falla, la empresa abandona el mercado a un coste pequeño, o bien puede vender sus competencias”

volver a utilizarlo). La segunda fuente de beneficios es la ventaja comparativa. En ocasiones el inventor de una tecnología no dispone del mejor equipo para desarrollarla o comercializarla. Intentar llevar a cabo su comercialización puede, incluso, retrasar la innovación, desviando la atención y cambiando la naturaleza de la organización. Conceder una licencia a otra empresa con una ventaja comparativa en las actividades de fabricación y comercialización resultará rentable para ambas partes. La tercera fuente de beneficios es más evidente. Una empresa puede, por ejemplo, desarrollar una tecnología que no desea utilizar pero que es aplicable en algún otro lugar y cuya cesión en licencia (o su venta) puede producirle beneficios.

Por último, una división del trabajo sirve de incentivo para que un número mayor de empresas invierta en innovación. Si la innovación solo genera rentas cuando las empresas invierten también en costosos activos de la fase final, las empresas más pequeñas, sin esa capacidad,

acabarán muchas veces tirando la toalla. Este hecho está relacionado asimismo con los riesgos del proceso de innovación. Estudiar distintas posibilidades de innovación, con un bajo coste, puede suponer una pérdida pequeña si se fracasa, pero la pérdida será mucho mayor si la empresa ha de invertir también en activos de comercialización. Sin embargo, las empresas pueden tratar de innovar más si saben que pueden vender sus resultados tecnológicos intermedios a empresas que ya tienen esos activos. En industrias de alta tecnología, como las productoras de *software*, semiconductores o biotecnología, es frecuente la creación de empresas para investigar una sola innovación. Si la innovación falla, la empresa abandona el mercado a un coste pequeño, o bien puede vender sus competencias.

Implicaciones para la entrada en el mercado, la competencia y la estructura de la industria

Por definición, la innovación abierta permite que la tecnología esté disponible de una manera más amplia y llegue a un mayor número de empresas. Un mercado tecnológico es un mecanismo eficaz para este proceso. Reduce las barreras de entrada al mercado e incrementa la competencia en los mercados de productos. Si las empresas hubieran de producir la tecnología que utilizan, cualquier capacidad o especialización en la fase final de la cadena de producción podría verse desbordada por la debilidad de la empresa en el desarrollo de tecnología. Al contrario, con los mercados de tecnologías estas empresas pueden utilizar tecnologías desarrolladas más eficientemente por otras y, así, centrarse en las que son sus ventajas comparativas en los mercados de productos. Se eleva con ello el grado de competencia, ya que estas empresas serán competidores más eficientes que si desarrollaran la tecnología internamente. En algunos casos, se fomenta la entrada de empresas que no podrían haber accedido al mercado de productos si hubieran tenido que desarrollar por sí mismas la tecnología.

El impacto de los contratos de licencia en la entrada en el mercado es evidente en la industria química, con un largo historial de concesión de licencias de procesos químicos (Arora y Gambardella, 1998). Lieberman (1989) afirma que la concesión de licencias era menos común respecto a productos químicos y que cuando se recortó el número de operaciones de licencia se redujeron los accesos al mercado. En un estudio relacionado de mercados de 24 productos químicos, Lieberman (1987) observa que el registro de patentes por agentes ajenos a esos mercados estaba asociado a un mayor descenso del precio de los productos, lo que indica una vez más que la actividad patentadora de esos agentes favorecía el acceso al mercado.

Arora *et al.* (2001b) ofrecen evidencias más directas en su estudio sobre inversiones en plantas químicas en países en desarrollo durante la década de 1980. De los datos recogidos se desprende que cuanto mayor es el número de empresas de ingeniería especializadas que prestan servicios de ingeniería en un mercado de productos, mayor es el volumen de inversiones en plantas químicas por parte de empresas de países en desarrollo. Sin embargo, el número de empresas de ingeniería especializadas no afecta a las inversiones en países en desarrollo por parte de grandes multinacionales. Estas multinacionales son empresas bien consolidadas con fuertes capacidades tecnológicas y, en consecuencia, no resulta sorprendente que no se vean afectadas por la presencia de empresas de ingeniería especializadas. Por el contrario, las empresas químicas nacionales de los países en desarrollo están menos avanzadas en el aspecto técnico, pero pueden tener una ventaja por el hecho de fabricar en su propio país. Sirve esta situación para ilustrar que los proveedores de tecnología —las empresas de ingeniería especializadas, en este caso— benefician técnicamente de forma diferenciada a las empresas menos avanzadas.

Todo ello sugiere que la división del trabajo creada por los mercados de tecnologías puede

considerarse una forma pecuniaria de externalidad o desbordamiento de conocimiento. Son muchos los que consideran importantes los desbordamientos en el proceso de desarrollo industrial y el crecimiento económico y, sin embargo, gran parte de la investigación sobre los desbordamientos se centra en los que tienen un efecto no pecuniario o, incluso más limitadamente, en la transferencia involuntaria (y no remunerada) de conocimientos. El ejemplo de las empresas de ingeniería especializadas apunta al hecho de que la división del trabajo innovador generada por el mercado puede ser también un importante mecanismo para la transferencia de conocimientos. Así, por ejemplo, el crecimiento de los mercados de productos en los países desarrollados da lugar al aumento de empresas de ingeniería especializadas, que, a su vez, prestan servicios a las empresas químicas de esos países. Los mercados de tecnología son, por tanto, los mecanismos que vinculan el crecimiento del mercado del primer mundo con el crecimiento de mercados de países en desarrollo, cuando estos reciben el estímulo de una mayor inversión en plantas como consecuencia del mayor número de empresas de ingeniería especializadas.

Es importante destacar que estos desbordamientos pueden darse también entre sectores, como se ha indicado al hablar de las tecnologías de aplicación general. En su estudio del sector de las máquinas herramienta en Estados Unidos en el siglo XIX, Rosenberg (1976) observa que el número de las diferentes industrias de la fase final de la cadena de producción que utilizaban máquinas herramienta experimentó un crecimiento en diferentes ocasiones. Por ejemplo, la fabricación de armas de fuego apareció antes que la de las máquinas de coser, las máquinas de escribir o las bicicletas. El crecimiento de la industria de las armas de fuego estimuló el desarrollo de las máquinas de manipulación del metal. Para la fabricación de bicicletas se requerían operaciones de corte de metal muy similares a las de la industria armamentista (taladro, perforación,

“Lo común en el proceso de aprendizaje entre sectores, o lo que Rosenberg denominó «convergencia tecnológica», fue fundamental para la transmisión de crecimiento, si bien requirió la intermediación de un sector de la fase inicial de la cadena”

fresado, aplanado, esmerilado, pulido, etcétera; Rosenberg, 1976) y, por tanto, los fabricantes de bicicletas pudieron contar con los proveedores de máquinas cortadoras de metal, que ya ofrecían sus productos a las empresas fabricantes de armas, de mayor tamaño. Lo que los proveedores habían aprendido para la fabricación de las máquinas cortadoras de metal destinadas a las fábricas de armas no tuvo que volver a ser aprendido para suministrar piezas a las fábricas de bicicletas. Lo común en el proceso de aprendizaje entre sectores, o lo que Rosenberg denominó «convergencia tecnológica», fue fundamental para la transmisión de crecimiento, si bien requirió la intermediación de un sector de la fase inicial de la cadena.

En líneas más generales, una importante implicación de los mercados de tecnologías es que cambian el peso de la cadena de valor de una industria hacia su tramo inferior. Como apuntan Dierickx y Cool (1989), la formación de un mercado de un activo significa que ese activo —la tecnología en nuestro caso— deja de ser estratégico para la empresa en cuanto a creador de una ventaja competitiva frente a otros. En la actualidad no existen mercados para activos

como el conocimiento de mercados y de clientes ni tampoco de algunos tipos de activos de producción y distribución, y las empresas pueden aprovechar estos activos para obtener una ventaja competitiva sobre sus rivales. Por ejemplo, Arora y Gambardella (2005) argumentan que si bien la innovación en *software* ha crecido considerablemente en economías emergentes como India, la actividad innovadora en el campo del *software* que se desarrolla en las economías avanzadas sigue obteniendo una importante ventaja de su proximidad a los principales usuarios, es decir, a las mayores compañías de telecomunicaciones o informática y las grandes empresas de los sectores industriales o de servicios. La innovación en el campo del *software* depende sobre todo de su estrecha interacción con estos grandes usuarios, cuya distribución en el mundo es todavía más desigual que la de la capacidad para producir innovaciones en *software*.

Implicaciones para la estrategia empresarial

Los mercados de tecnologías incrementan las opciones estratégicas de las empresas. Sin ellos, las empresas solo pueden crear sus tecnologías, y utilizarlas, internamente. Hoy pueden comprar o pueden crear tecnología y en el lado de la oferta pueden beneficiarse de sus tecnologías utilizándolas o vendiéndolas. En Arora y Gambardella (2010a) estudiamos con cierta extensión de qué forma los mercados de tecnologías afectan al comportamiento estratégico de las empresas como compradores de tecnología. En esta sección vamos a detenernos en sus opciones estratégicas como proveedores de tecnología.

Arora y Fosfuri (2003) han desarrollado un marco para tratar de comprender la decisión de las empresas de vender tecnología y cómo la competencia en el mercado de productos y el mercado de tecnología condiciona esta decisión. En su modelo compiten varios titulares de tecnologías tanto en el mercado tecnológico como en el de productos. Las tecnologías no son

totalmente reemplazables entre sí, como tampoco lo son los productos fabricados con esas tecnologías. Para decidir si ofrece o no licencias, el titular de la tecnología debe sopesar, por un lado, los ingresos generados por las licencias y, por el otro, el efecto de disipación de beneficios que las licencias conllevan como consecuencia de la mayor competencia en el mercado de productos. Los factores que aumenten los ingresos por las licencias o que reduzcan el efecto de disipación de beneficios serán los que apoyen la decisión de conceder licencias.

Esta elección dependerá de la competencia en el mercado de productos. Si el licenciario opera en un mercado lejano, el efecto de disipación de beneficios es pequeño en comparación con el producido cuando el licenciario está más próximo. Por ejemplo, es posible que el licenciario opere en un mercado geográfico en el que al propietario de la tecnología le resulta costoso operar, debido, pongamos, a que no tiene los activos complementarios necesarios. Asimismo, la tecnología podría ser utilizada para un tipo diferente de producto que el propietario no fabrica. Arora y Fosfuri señalan que la competencia en el mercado de productos aumenta la actividad de concesión de licencias ya que cuanto más competitivo es el mercado de productos, el efecto de disipación de beneficios se reduce con más rapidez que el efecto de ingresos de las licencias. Como es bien sabido, un monopolio nunca concede licencias. En consonancia con esta argumentación, Lieberman (1989) afirma que los contratos de licencia eran menos frecuentes respecto a productos químicos y las pocas licencias que se concedían pertenecían a agentes externos (no fabricantes y empresas extranjeras).

Arora y Fosfuri observan también que la concesión de licencias es más frecuente cuando los productos son homogéneos que cuando están diferenciados. Si los productos están diferenciados, el licenciario está más próximo en el espacio del producto al propietario de la tecnología que a otros fabricantes, por lo que el

efecto de disipación de beneficios percibido por el propietario es mayor que si el producto es homogéneo. Dicho de otro modo, con el contrato de licencia el propietario de la tecnología impone una externalidad negativa (pecuniaria) mayor sobre otros fabricantes cuando el producto es homogéneo. En esta misma línea Fosfuri (2006) plantea que la concesión de licencias es menor en mercados en los que la diferenciación específicamente por la tecnología de los productos es elevada.

El modelo de Arora-Fosfuri defiende también que las empresas más pequeñas son más proclives a formalizar licencias, porque padecen menos el efecto de disipación de beneficios por competidores adicionales. La lógica es evidente en el caso extremo en el que el propietario de la tecnología no tiene ninguna implicación en los mercados finales y, por tanto, no tiene que preocuparse de los beneficios del mercado de productos. Coincide además con la observación de que en muchas industrias de alta tecnología (por ejemplo, biotecnología, semiconductores o *software*) los proveedores a menudo no fabrican en los mercados de productos para los que suministran tecnología, así como con los datos facilitados por otros estudios, comentados por Arora y Gambardella (2010a).

Gambardella y Giarratana (2010) dan un carácter general al modelo de Arora y Fosfuri poniendo de relieve la interrelación entre el carácter general de la tecnología y la fragmentación de los mercados de productos. La aplicación general de la tecnología la hace interesante para empresas usuarias lejanas, lo que implica que se pueden obtener ingresos de las licencias concedidas a empresas en mercados de productos diferentes del propietario de la tecnología. Dado que los mercados están lejos, la dispersión de beneficios es pequeña y, por tanto, es más atractiva la concesión de licencias.

Gambardella y Giarratana (2010) estudian tanto la decisión de ceder la explotación de tecnología por medio de licencias como la elección de los mercados de productos a los que va a acceder

“La competencia en el mercado de productos aumenta la actividad de concesión de licencias ya que cuanto más competitivo es el mercado de productos, el efecto de disipación de beneficios se reduce con más rapidez que el efecto de ingresos de las licencias”

su propietario. La tesis principal es que la tecnología puede desplegarse en más mercados de productos de aquellos a los que resulta rentable para su propietario acceder directamente, lo que parece indicar que la tecnología puede tener un mayor espectro de economías que los activos de comercialización y fabricación, creando así oportunidades para la concesión de licencias. En particular, las tecnologías de aplicación general pueden tener tantas aplicaciones que pocas empresas podrían explotar todas ellas.

CONCLUSIÓN

Son diversas las fuentes que pueden generar innovación abierta: desbordamientos de conocimiento, ciencia abierta y, más recientemente, tecnologías de código abierto. Este trabajo dedica su atención en especial al mecanismo favorecido por el mercado e intenta demostrar que buena parte del proceso de innovación abierta puede tener lugar a través de este canal económico ordinario.

El papel de los mercados de tecnologías se aprecia mejor si se examina lo que sucede cuando los costes de transacción son elevados. La implicación más significativa es que el usuario de tecnología debe poseer los recursos y las capacidades necesarios para producirla y el productor de tecnología debe tener los recursos y las capacidades necesarios para incorporarla en productos finales destinados a su comercialización. Esta situación tiene limitaciones naturales en cuanto que impide las ventajas de la especialización y la división del trabajo de acuerdo con las ventajas comparativas, con las consiguientes ineficiencias en el mercado. Asimismo, se reduce la actividad innovadora ya que el inventor o la empresa especializada en tecnología solo puede invertir en innovación si realiza también inversiones mucho más importantes en los activos o las capacidades que le permitan disfrutar de los beneficios de la comercialización de los productos finales.

Cuando los mercados de tecnologías funcionan bien, y dejan vía libre a la innovación abierta, aumentan el acceso al mercado y la competencia dado que la tecnología deja de ser el secreto mejor guardado de alguna empresa puntera o laboratorio de I+D. Una consecuencia importante es que la tecnología se hace menos estratégica como fuente de ventaja competitiva para las empresas. Las empresas deben entonces centrarse en otros activos estratégicos, menos abiertos y más exclusivos de cada una. Entre otros, uno de estos activos es la capacidad de la empresa para conseguir clientes y mercados finales mediante inversiones en activos de la fase final de la cadena de producción, lo que también apunta a la razón de que muchas empresas especializadas en tecnología obtengan pocos o ningún beneficio (por ejemplo, las empresas de biotecnología; Pisano, 2006), y una buena parte de los beneficios en la estructura vertical de una industria se genera en la fase final de la cadena.

Desde una perspectiva estratégica, los mercados de tecnologías dan a las empresas más opciones. Aparte de la decisión de comprar

tecnología en lugar de crearla, tienen también la posibilidad de vender sus propias tecnologías. Esta es una decisión estratégica que depende de la comparación entre los ingresos generados por las licencias y el efecto de disipación de beneficios causada por el aumento de la competencia. La mayor difusión de las tecnologías y el hecho de que el abanico de posibles aplicaciones sea más amplio que la capacidad de la empresa para explotarlas en su totalidad hacen cada vez más factible esta estrategia.

En el presente trabajo ha sido necesario omitir algunas cuestiones importantes, como, por ejemplo, el papel fundamental que la demanda de tecnología o la incertidumbre desempeñan en estos mercados y en el consiguiente carácter abierto del proceso de innovación. Algunas de ellas se contemplan en Arora *et al.* (2001a) y, más recientemente, en Arora y Gambardella (2010a y 2010b). Invitamos al lector interesado a consultar estas fuentes y el abundante aparato bibliográfico que contienen para conocer algo más de ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCACER, J., y W. CHUNG (2007), «Location Strategies and Knowledge Spillovers», *Management Science* 53, pp. 760-776.
- ANAND, B., y T. KHANNA (2000), «The Structure of Licensing Contracts», *Journal of Industrial Economics* 48(1), pp. 103-135.
- ARORA A. (1995), «Licensing Tacit Knowledge: Intellectual Property Rights and the Market for Know-how», *Economics of Innovation and New Technology* 4, pp. 41-59.
- ARORA, A. (1996), «Contracting for Tacit Knowledge: The Provision of Technical Services in Technology Licensing Contracts», *Journal of Development Economics* 50(2), pp. 233-256.
- ARORA, A., y M. CECCAGNOLI (2006), «Patent Protection, Complementary Assets, and Firms: Incentives for Technology Licensing», *Management Science* 52, pp. 293-308.
- ARORA, A. y A. FOSFURI (2003) «Licensing the Market for Technology», *Journal of Economic Behavior & Organization* 52(2), pp. 277-295.
- ARORA, A., A. FOSFURI y A. GAMBARDELLA (2001a), *Markets for Technology: The Economics of Innovation and Corporate Strategy*, Cambridge MA: The MIT Press.
- ARORA, A., A. FOSFURI y A. GAMBARDELLA (2001b), «Specialized Technology Suppliers, International Spillovers and Investments: Evidence from the Chemical Industry», *Journal of Development Economics* 65(1), pp. 31-54.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (1994), «The Changing Technology of Technical Change: General and Abstract Knowledge and the Division of Innovative Labour», *Research Policy* 23, pp. 523-532.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (1998), «Evolution of Industry Structure in the Chemical Industry», en A. Arora, R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *Chemicals and Long-Term Economic Growth*, Nueva York: John Wiley & Sons.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (2005), «The Globalization of the Software Industry: Perspectives and Opportunities for Developed and Developing Countries», en A. Jaffe, J. Lerner y S. Stern (eds.) *Innovation Policy and the Economy* (5), Cambridge MA: The MIT Press.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (2010a), «Markets for Technology», en B. Hall y N. Rosenberg (eds.), *Handbook of Economics of Innovation*, Ámsterdam: Elsevier.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (2010b), «Ideas for Rent: An Overview of Markets for Technology», *Industrial and Corporate Change* 19, pp. 775-803.
- ARORA, A., W. VOGT y J. YOON (2009), «Is the Division of Labor limited by the Extent of the Market?: Evidence from Chemical Industry», *Industrial and Corporate Change* 18(5), pp. 785-806.
- ARROW, K. (1962), «Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton NJ: Princeton University Press, pp. 609-625.
- ARROW, K. (1974), *The Limits of Organization*, Nueva York NY: W.W. Norton.
- ARROW, K. (1975), «Vertical Integration and Communication», *Bell Journal of Economics* 6, pp. 173-183.
- ARROW, K. (1983), «Innovation in Large and Small Firms», en J. Ronen (ed.), *Entrepreneurship*, Lexington MA: Lexington Books, pp. 15-28.
- BARNEY, J. (1986), «Strategic Factor Markets: Expectations, Luck and Business Strategy», *Management Science* 32(10), pp. 1231-1241.
- BARNEY, J. (1991), «Firms Resources and Sustained Competitive Advantage», *Journal of Management* 17, pp. 99-120.
- BRESNAHAN, T., y M. TRAJTENBERG (1995), «General Purpose Technologies: "Engines of Growth"», *Journal of Econometrics* 65(1), pp. 83-108.
- BRESNAHAN, T., y A. GAMBARDELLA (1998), «The Division of Inventive Labor and the Extent of the Market», en E. Helpman (ed.), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 253-281.
- CASSIMAN, B., y R. VEUGELERS (2002), «R&D Cooperation and Spillovers: Some Empirical Evidence from Belgium», *American Economic Review* 92(4), pp. 1169-1184.
- CHANDLER, A. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Part I: «Introduction: Scale and Scope», Cambridge MA: The Belknap Press of Harvard University Press, pp. 1-46.

- CHESBROUGH, H. (2003), *Open innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- COHEN, W., y S. KLEPPER (1996), «Firm Size and the Nature of Innovation within Industries: The Case of Process and Product R&D», *Review of Economics and Statistics* 78(2), pp. 232-243.
- CONTRACTOR, F. (1981), «International Technology Licensing», Lexington, MA: DC Heath and Company.
- DASGUPTA, P., y P. DAVID (1994), «Towards a New Economics of Science», *Research Policy* 23, pp. 487-521.
- DECHENAUX, E., M. THURSBY y J. THURSBY (2009), «Shirking, Sharing Risk and Shelving: The Role of University License Contracts», *International Journal of Industrial Organization* 27(1), pp. 80-91.
- DIERICKX, I., y K. COOL (1989), «Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage», *Management Science* 35(12), pp. 1504-1513.
- FOSFURI, A. (2006), «The Licensing Dilemma: Understanding the Determinants of the Rate of Technology Licensing», *Strategic Management Journal* 27, pp. 1141-1158.
- GAMBARDELLA, A., y M. GIARRATANA (2010), «General Technological Capabilities, Product Market Fragmentation, and the Market for Technology: Evidence from the Software Security Industry», en preparación, Milán: Università Bocconi.
- GAMBARDELLA, A., y A. MCGAHAN (2010), «Business-Model Innovation, General Purpose Technologies, Specialization and Industry Change», *Long Range Planning* 43, pp. 262-271.
- GANS, J., D. HSU y S. STERN (2002), «When Does Start Up Innovation Raise the Gale of Creative Destruction», *Rand Journal of Economics* 33(4), pp. 571-586.
- GROSSMAN, S., y O. HART (1986), «The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration», *Journal of Political Economy* 94, pp. 691-719.
- HALL, B., y R. ZIEDONIS (2001), «The Patent Paradox Revisited: Determinants of Patenting in the US Semiconductor Industry, 1980-1994», *Rand Journal of Economics* 32(1), pp. 101-128.
- HART, O., y J. MOORE (1990), «Property Rights and the Nature of the Firm», *Journal of Political Economy* 98, pp. 1119-1158.
- KLEPPER, S. (1996), «Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle», *American Economic Review* 86(3), pp. 562-583.
- LAMOREAUX, N., y K. SOKOLOFF (1996), «Long-Term Change in the Organization of Inventive Activity», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93(23), pp. 12686-12692.
- LAMOREAUX, N., y K. SOKOLOFF (1999), «Inventors, Firms, and the Market for Technology in the late Nineteenth and Early Twentieth Centuries», en N. Lamoreaux, D. Raff y P. Temin (eds.), *Learning by Doing in Markets, Firms, and Countries*, Chicago: University of Chicago Press.
- LERNER, J., y J. TIROLE (2002), «Some Simple Economics of Open Source», *Journal of Industrial Economics* L(2), pp. 197-234.
- LIEBERMAN, M. (1987), «Patents, Learning by Doing, and Market Structure in the Chemical Processing Industries», *International Journal of Industrial Organization* 5(3), pp. 257-276.
- LIEBERMAN, M. (1989), «The Learning Curve, Technological Barriers to Entry, and Competitive Survival in the Chemical Processing Industries», *Strategic Management Journal* 10(5), pp. 431-447.
- MAINE, E., y E. GARSNEY (2006), «Commercializing Generic Technology: The Case of Advanced Materials Ventures», *Research Policy* 35(3), pp. 375-393.
- MARKIDES, C., y P. WILLIAMSON (1996), «Corporate Diversification and Organization Structure: A Resource-Based View», *Academy of Management Journal* 39, pp. 340-367.
- MUELLER, W. (1962), «The Origins of the Basic Inventions Underlying Du Pont's Major Product and Process Innovations, 1920 to 1950», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton NJ: Princeton University Press, pp. 323-346.
- NELSON, R. (1959), «The Simple Economics of Basic Scientific Research», *Journal of Political Economy* 67(2), pp. 297-306.
- OCDE (2006), *OECD technology indicators, technology balance of payment—payments/receipts*, París: OCDE.
- PETERAF, M. (1993), «The Cornerstones of Competitive Advantage: A Resource-Based View», *Strategic Management Journal* 14(3), pp. 179-191.
- PISANO, G. (2006), «Can Science Be a Business: Lessons from Biotech», *Harvard Business Review*, octubre, pp. 114-125.
- ROSENBERG, N. (1976), «Technological Change in the Machine Tool Industry», en N. Rosenberg (ed.), *Perspectives on Technology*, Cambridge MA: Cambridge University Press, pp. 11-31.
- ROSENBERG, N. (1996), «Uncertainty and Technological Change», en R. Landau, T. Taylor y G. Wright (eds.), *The Mosaic of Economic Growth*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- TAYLOR, C., y A. SILBERSTON (1973), «The Economic Impact of the Patent System: A Study of the British Experience», University of Cambridge, D.A.E. monografía 23, Cambridge University Press.
- TEECE, D. (1986), «Profiting from Technological Innovation», *Research Policy* 15, pp. 285-305.
- TEECE, D. (1988), «Technological Change and the Nature of the Firm», en G. Dosi et al. (eds.), *Technological Change and Economic Theory*, Londres: Printer Publishers, pp. 257-281.