

EL PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA EMPRESA

Fernández Sánchez, E.
Vázquez Ordás, C. J.
Universidad de Oviedo

RESUMEN

En este trabajo se formaliza el concepto de tecnología, al tiempo que se repasan las principales aportaciones teóricas sobre el cambio tecnológico. El análisis teórico ha evolucionado desde el modelo tradicional, de flujo lineal, hasta el modelo cadena-eslabón, que constituye un marco conceptual más adecuado para explicar el cambio tecnológico, cuyas fuentes exceden a la investigación propiamente dicha.

PALABRAS CLAVE: Tecnología, Innovación, I+D.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente los teóricos de la economía, de acuerdo con la posición heredada de Schumpeter, tendían a tratar el desarrollo tecnológico como una variable exógena, que influye en los resultados de la asignación de los recursos, pero que no está determinada por dicha asignación. La obra de Schmookler (1962) es pionera en demostrar que el proceso de innovación tecnológica no está fuera del sistema económico, ya que tiene tanto consecuencias como causas económicas. Este autor considera que el cambio tecnológico es el resultado de decisiones económicas como, por ejemplo, las que toma la empresa industrial en relación a comprometer determinados recursos en el desarrollo de nuevos productos y/o en la mejora de los procesos. En este trabajo se hará una revisión de las aportaciones teóricas al estudio del cambio tecnológico, comenzando por delimitar el concepto de tecnología.

LA TECNOLOGÍA

El concepto de tecnología, esencial para entender el progreso tecnológico, es ambiguo. Lo mismo ocurre con su diferenciación de la ciencia con la que tiene muchos solapamientos y cruces. En el pasado ha existido la tendencia a objetivizar la tecnología, al asociarla, casi exclusivamente, a las máquinas y aparatos que funcionan (Tecnos), marginando los aspectos relacionados con el conocimiento (Logos). Sin embargo, la tecnología es mucho más que máquinas, es conocimiento práctico. Así pues, tecnología significa aplicación sistemática del conocimiento científico u otro conocimiento organizado a tareas prácticas (Galbraith, 1980).

Los componentes de la tecnología son: 1) un resultado deseado (la solución de un problema o el desarrollo de un nuevo producto), y 2) un conjunto organizado de actividades, esto es, los recursos y el procedimiento que contribuyen a alcanzar ese resultado. En consecuencia, el núcleo de cualquier tecnología es una relación causa-efecto, que permite dar respuesta a la pregunta

¿cómo hay que actuar para alcanzar el fin perseguido?, y cuya expresión genérica tendría la siguiente estructura gramatical (Ketteringham y White, 1984):

Saber cómo + (verbo) + (complemento)

La tecnología es una unidad de análisis compleja que puede ser conceptualizada como un sistema tecnológico con unos límites que impiden su expansión. Así pues, un producto o proceso es un sistema tecnológico formado por la combinación de un número finito de partes o componentes que pueden, a su vez, ser consideradas como tecnologías. De esta forma, la tecnología se genera y desarrolla en áreas específicas. Sin embargo las ventajas que produce sólo pueden ser conseguidas combinando diferentes tecnologías en un sistema complejo. Cuantas más tecnologías puedan acoplarse, mayor número de combinaciones se puede obtener, por lo que es posible ampliar el abanico de alternativas para solucionar los problemas empresariales (o de otro tipo), tanto desde el lado de la oferta como del de la demanda.

La innovación tecnológica es el hecho de comercializar por primera vez una tecnología en el mercado. Esta puede ser tanto de producto como de proceso; y es un fenómeno cada vez más frecuente en las sociedades industrializadas que constituye el soporte de la competitividad empresarial. También es un término muy complejo que conviene desenmarañar.

EL PROCESO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

El proceso de innovación tecnológica ha sido desarrollado por la literatura económica al menos de dos formas diferentes. La postura tradicional considera una relación causal entre la ciencia y la tecnología; mientras que la posición actual es la de tratar el desarrollo tecnológico como un proceso complejo con múltiples retroalimentaciones y fuentes de innovación.

Modelo lineal o tradicional

El pensamiento tradicional contempla exclusivamente la causalidad que va desde la ciencia a la tecnología, y la representa mediante un modelo lineal que interpreta la génesis de una innovación tecnológica como un proceso secuencial y ordenado que, a partir del conocimiento científico (ciencia), y tras diversas fases o estadios (investigación aplicada, invento, desarrollo, producción e innovación) comercializa un producto o proceso que puede ser viable a nivel comercial. Este planteamiento considera que el cambio tecnológico depende fundamentalmente del stock de conocimientos científicos actuales (estado actual de la ciencia) y de los que se obtienen a través de la investigación básica.

La Investigación y Desarrollo (I+D):

La investigación científica puede ser de dos tipos: básica y aplicada. La investigación básica (pura o fundamental) está sometida a contrastes cuantitativos y consiste en la búsqueda del conocimiento científico, sin ninguna finalidad específica. En otras palabras, persigue el descubrimiento per se que se concreta en un nuevo hecho, principio, hipótesis, teoría o ley y tiene que

ver con los fenómenos naturales (incluidos los sociales) que son observados directamente o a través de sus efectos.

La investigación básica debe ser cultivada por individuos únicamente estimulados por la búsqueda desinteresada de la verdad que, no obstante, debe ser sostenida pródigamente por la sociedad debido a los beneficios que pudieran fluir en algún momento de ella. El conocimiento científico que resulta de la investigación básica tiene las dos propiedades fundamentales de los bienes públicos: es difícil impedir que otros se beneficien de él y el coste marginal de su utilización por parte de una persona adicional es cero. Así pues, el conocimiento científico no se agota por el uso. Ahora bien, al igual que sucede con otros bienes públicos, es probable que los mercados privados ofrezcan una cantidad de investigación básica insuficiente. De ahí que el Estado la financie a través de organismos públicos específicos; lo que no evita el creciente temor de que la cantidad gastada en investigación básica no sea la adecuada. La industria privada dedica cerca de las tres cuartas partes de sus presupuestos de investigación y desarrollo a la actividad de desarrollo; mientras que sólo financian el 15% de la investigación básica de los EEUU. De ahí que esta investigación se haya convertido gradualmente en un anexo del gobierno, controlado y dirigido por él.

La investigación básica no parece ser significativa como fuente directa de la innovación. Sin embargo, juega un papel crítico en la producción de conocimiento y entra en el proceso de innovación indirectamente, a través de la formación.

La mayoría de inventores e investigadores industriales, a partir de los conocimientos científicos existentes, realizan actividades de investigación aplicada con el objeto de obtener una determinada tecnología. La investigación aplicada incorpora los conocimientos científicos al proceso de fabricación y a los artículos fabricados. También se emprende para adquirir nuevos conocimientos, siempre que estén relacionados con objetivos comerciales específicos. Normalmente se realiza en el departamento de Investigación y Desarrollo de las empresas.

La investigación básica contribuye, pues, a incrementar el nivel de conocimientos científicos (ciencia), mientras que la investigación aplicada aumenta los conocimientos tecnológicos (tecnología). Ahora bien, los límites que separan los dos tipos de investigación tienden a superponerse. No obstante, la investigación aplicada se distingue de la básica en varios aspectos. Primero, la aplicada tiene su fundamento en la básica, en el sentido de que se apoya en la ciencia, es decir, en los conocimientos alcanzados en investigaciones básicas previas. Segundo, el objeto de la investigación aplicada es más restringido que el de la investigación básica. Tercero, la investigación aplicada tiene siempre una misión práctica, aunque sea a largo plazo. En todos los casos se espera que el científico que realiza investigación aplicada termine cada uno de sus trabajos afirmando, no tanto «he descubierto X», como «he descubierto que X puede servir para producir (o impedir) Y» (Bunge, 1982). Cuarto, los resultados de la investigación básica no son patentables o no se pueden patentar. Quinto, los flujos del conocimiento científico son mucho más abiertos e internacionales. En resumen: la ciencia tiene como objetivo la comprensión, mientras que la tecnología apunta a la utilización. Es decir, mientras la investigación básica se propone conocer el mundo, la aplicada se propone conocerlo para controlarlo.

La investigación aplicada confluye en un invento que, de acuerdo con Schmookler (1966), es una combinación de conocimientos pre-existentes que satisfacen algún deseo. En este sentido, un invento es una idea, un esbozo o un modelo para un dispositivo, producto, proceso o sistema nuevo o perfeccionado. Todo invento contribuye a incrementar el conjunto total de conocimiento tecnológico de una sociedad concreta, que es la suma de todos los grupos de conocimiento tecnológico individuales. A veces, para estudiar la viabilidad comercial del invento y perfeccionar sus características técnicas, se hace necesaria la construcción de un prototipo, que es un modelo básico que posee las características esenciales de lo que se intenta producir.

La actividad de desarrollo se aplica al prototipo (si lo hubiere) o al invento, y consiste en la realización de trabajos sistemáticos, basados en conocimientos existentes adquiridos mediante investigación y/o experiencia de tipo práctico, dirigidos a la producción de materiales, productos o dispositivos nuevos, al establecimiento de nuevos procesos, sistemas o servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes (OCDE, 1981). El objetivo del desarrollo es lograr que el invento pueda ser viable en el mercado, dando lugar a productos específicos y/o técnicas de producción concretas. En esta etapa, el aprendizaje está orientado hacia las dimensiones comerciales del proceso de innovación: descubrir la naturaleza y características del producto que desea el mercado e incorporarlos al producto final de manera que se tenga en cuenta el conocimiento científico y tecnológico. Este es un proceso muy sutil, particularmente cuando estamos tratando con productos que tienen un alto grado de complejidad (Rosenberg, 1993b).

Algunas veces, para la realización de las actividades de desarrollo, es necesario construir una planta piloto. Estas fueron algo esencial en el pasado, ya que permitían conocer con precisión las características básicas de la producción, cuando ninguna otra alternativa era factible. Las pruebas no se efectuaban sin disponer de muestras fiables. Además, rasgos esenciales del proceso de producción no podrían ser, posiblemente, resultado exclusivo del conocimiento científico. La construcción y funcionamiento de una planta piloto tienen como objetivos principales adquirir experiencia y obtener datos técnicos (o de otro tipo) que puedan utilizarse para: verificar hipótesis, obtener nuevas fórmulas de productos, establecer nuevas especificaciones para productos terminados, diseñar equipos y estructuras especiales para un nuevo proceso, y redactar los modos operatorios o los manuales relativos al proceso (OCDE, 1981). El tiempo requerido para desarrollar una idea a su primer uso parece ser relativamente constante, con una media entre uno y siete años (Utterback, 1974).

Al introducir un invento en el mercado tiene lugar la innovación tecnológica, es decir, la aplicación de una nueva tecnología a usos prácticos. Si se trata de un producto la innovación acontece con el instante de su comercialización y si es un proceso productivo con su primera aplicación industrial. En cierto sentido, es la fase más importante, ya que permite obtener los frutos económicos de la I+D. Por ello, no debe entenderse como un concepto técnico, sino de raíz económica y social. La esencia de la innovación es satisfacer una necesidad, por lo tanto hay que valorarla siempre desde la perspectiva del mercado.

La innovación es un concepto más amplio que la innovación tecnológica y supone, en general, un cambio que requiere un considerable grado de imaginación; constituye una ruptura relativamente profunda con las formas establecidas de hacer las cosas y con ello crea fundamentalmente nueva capacidad empresarial (Nelson, 1974). En este sentido, Schumpeter (1984) con-

sidera que una innovación tiene lugar cuando se produce alguno de los cinco casos siguientes: introducción de un nuevo bien, de un nuevo método de producción, apertura de un nuevo mercado, conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento y creación de una nueva organización. Es decir, su concepto de innovación es más extenso que el de innovación tecnológica. Knight (1967) amplía el contenido, al considerar también como innovaciones los cambios en la estructura organizativa y la modificación de las habilidades de las personas. Un área no cubierta por Knight y Schumpeter es la innovación política, que involucra cambios en las estrategias de las empresas para alcanzar sus principales objetivos (Zaltman *et al.*, 1984), por lo que es una condición suficiente, pero no necesaria, para la innovación tecnológica. No obstante, a lo largo de este trabajo, salvo que se diga expresamente lo contrario, nos seguiremos centrando fundamentalmente en la innovación tecnológica.

Limitaciones del modelo lineal:

La denominación utilizada, Investigación y Desarrollo, implica una estructura lineal del proceso, sugiriendo un único camino desde la ciencia a la tecnología. El modelo lineal contempla la innovación como un proceso racional, similar a otros, susceptible de ser planificado, programado y controlado, y que puede ser desagregado en actividades independientes (de ahí su éxito) para simplificar su gestión. Este hecho justifica en alguna medida que una empresa se concentre exclusivamente en las actividades de fabricación y de comercialización, dejando que otras empresas y/o organismos se ocupen de las actividades de investigación propiamente dichas. Posteriormente, cuando necesite tecnología acude a ellas para conseguirla.

El proceso de innovación tecnológica no se desarrolla de forma secuencial y ordenada desde el principio hasta el final, tal y como se recoge en el modelo lineal. Algunas veces, determinadas fases no son necesarias y, otras, la secuencia puede ser distinta. La esencia del proceso lo constituyen el solapamiento de las distintas actividades (lo que hace difícil identificar cada una de ellas con precisión y, más aún, desegregarlas en partes independientes) y las frecuentes retroalimentaciones entre las diferentes etapas.

Si se interpreta la relación entre la ciencia y la tecnología como una relación secuencial, aquélla se puede convertir en predictor de la aparición de nuevos productos y procesos. De esta forma toma prioridad la ciencia, no sólo como una condición necesaria sino también suficiente, para el éxito de la innovación tecnológica, lo que dio lugar a que se igualase la I+D organizada con el proceso de innovación mismo. De aquí se derivan dos importantes consecuencias: 1) una empresa con una gran centro de investigación tendrá una ventaja respecto a sus rivales de menor tamaño, y 2) el cambio tecnológico dependerá de los progresos realizados en la ciencia, por lo que en las áreas con una base científica subyacente estacionaria, el cambio tecnológico será más lento que en aquellas áreas en las que está creciendo (Kamien y Schwartz, 1989). Ahora bien, resulta claro, y está apoyado por la historia de países como Inglaterra, Francia, Estados Unidos, Japón y Rusia en los dos últimos siglos y medio, que unas instituciones científicas de alta calidad y un alto grado de originalidad científica no han sido una condición ni necesaria ni suficiente para el dinamismo tecnológico (Rosenberg, 1993a).

A su vez, existen múltiples fuentes para activar el proceso de innovación; de hecho pueden serlo cualquiera de las diferentes actividades que lo conforman. En este sentido, la mayor parte

de las innovaciones surgen de la capacidad de innovar de las distintas fases o estadios en el desarrollo de la tecnología y no únicamente de la ciencia. También se considera que la interacción entre las actividades genera tecnología. De acuerdo con estos planteamientos, la innovación tecnológica no constituye una prerrogativa del científico, ya que todo individuo que realiza una tarea, sea cual sea el nivel donde la desempeña, particularmente a nivel de taller, así como el usuario último, es una posible fuente de ideas innovadoras de potencial considerable.

Además, si la ciencia pudiera proporcionar una base predictiva más barata para lograr configuraciones óptimas de diseño, los costes de desarrollo, que constituyen unas dos terceras partes de los gastos totales en I+D en Estados Unidos, no serían ni mucho menos tan elevados. Lo son porque los ingenieros y los diseñadores de productos siguen tropezando con la necesidad de efectuar actividades de comprobación muy caras, antes de tener la suficiente confianza en las características de rendimiento de un producto (Rosenberg, 1993a). Muchas de estas comprobaciones se llevan a cabo mediante ensayos programados, con objeto de verificar el comportamiento de un componente determinado; posiblemente transcurra bastante tiempo, incluso años, hasta que se logre la respuesta científica a determinados comportamientos. En resumen, en el proceso de innovación tecnológica, además de los conocimientos científicos y la investigación científica, se utilizan algunos conocimientos determinados y una forma de hacer la investigación que, bajo ningún concepto, se pueden considerar científicos; en realidad se trata de conocimientos tecnológicos y de investigación tecnológica.

Al considerar el impacto de la ciencia sobre la tecnología, también resulta útil plantear dos observaciones. En primer lugar, la ciencia, que resultaba esencial para determinados adelantos tecnológicos, era simplemente la antigua ciencia, incluso algunos investigadores ya no la consideraban como tal (Mokyr, 1993). En segundo lugar, cuando la investigación científica abre un campo de posibilidades tecnológicas totalmente nuevas, generalmente se trata de un proceso de etapas múltiples, ya que no es posible pasar directamente del nuevo conocimiento científico a la producción: a menudo se necesita el descubrimiento de alguna nueva información adicional sobre el estado de la naturaleza, que contribuya al posterior desarrollo de un nuevo producto (Rosenberg, 1993a). Sin esta información adicional, no sería posible finalizar con éxito el desarrollo del producto.

La pretendida causalidad ciencia tecnología ha llevado a investigadores, directivos y economistas a concentrarse exclusivamente en las innovaciones relacionadas con la introducción en el mercado de un producto o un proceso totalmente nuevos para el mundo (innovación radical); a la par se ignoraba otra serie de innovaciones relacionadas con las mejoras en productos y procesos (innovaciones incrementales) que, aunque no constituyen avances tecnológicos significativos, tienen una importancia económica excepcional; muchas de estas innovaciones las aportan los operarios de las respectivas áreas funcionales. De hecho el cambio tecnológico en muchas empresas proviene principalmente de una sucesión de mejoras menores en la tecnología existente. Asimismo hay que considerar como innovación algo que no ha hecho antes la empresa que la comercializa. En este caso, la I+D es necesaria para aprender acerca de la tecnología aun cuando no sea nueva para el universo, pero lo sea en el contexto particular en que está siendo utilizada por primera vez.

El modelo lineal ignora asimismo que la tecnología dispone de un cuerpo de conocimientos que le son propios; conocimientos que fueron adquiridos y acumulados durante mucho tiempo

de forma rudimentaria, basada en la observación de regularidades empíricas, y sin ningún apoyo de la ciencia. Es cierto que inventos como el transistor y el nylon se debieron en gran parte a investigaciones científicas del pasado inmediato y que probablemente hubieran sido imposibles sin los conocimientos proporcionados por la ciencia moderna, pero es evidente que gran número de inventos no han dependido en su concepción y feliz desarrollo de los progresos inmediatamente anteriores en la ciencia académica (Schmookler, 1962). Incluso puede ocurrir que experimentos ingeniosos permitan obtener una nueva tecnología importante y muy novedosa en el mercado, a pesar de que los principios científicos sean incompletos e incluso erróneos. Tal es, por ejemplo, el caso de la invención en Francia del globo aeroestático por los hermanos Montgolfier en 1783. Joseph de Montgolfier conocía el hidrógeno, un gas mucho más liviano que el aire, descubierto por Henry Cavendish en 1766. Supuso que el fuego desprendía un gas similar, y que este gas, recogido en un recipiente cerrado, era más liviano que el aire y capaz de elevar el globo. El experimento funcionó, pero el razonamiento era en parte una falacia. Lo que hizo elevar el globo no fue un gas más liviano que el aire, sino el aire mismo, que, una vez calentado, se expandía y reducía su peso específico (Mokyr, 1993; 143).

La tecnología (conocimiento tecnológico) se adquiere, pues, de dos formas distintas, que normalmente se complementan: 1) siguiendo el camino de la ciencia y/o de la investigación básica, tal y como ha sido descrito en el modelo lineal, y 2) siguiendo su propio camino a través de la investigación tecnológica. Esta última se caracteriza por ser una investigación rudimentaria basada en el método de prueba y error que permite lograr resultados (tecnología) a pesar de desconocer las leyes y teorías científicas que los sustentan e incluso a partir de hipótesis científicas incorrectas. Estas dos alternativas no se dan en estado puro, por lo que el proceso de investigación tecnológica es siempre una mezcla de investigación científica (básica y aplicada) y de investigación tecnológica, que utiliza tanto los conocimientos científicos (ciencia) como los conocimientos tecnológicos (tecnología); sin embargo en la obtención de algunas innovaciones puede predominar fundamentalmente la investigación científica y en otras la investigación tecnológica. En cualquier caso la tecnología es, por sí misma, un cuerpo de conocimiento acerca de ciertas clases de sucesos y actividades, que ha generado una determinada tasa de progreso económico durante miles de años. Es el conocimiento de técnicas, métodos y diseños que trabaja de cierta manera y con ciertas consecuencias, aunque no siempre se pueda explicar exactamente el porqué (Rosenberg, 1993b).

Finalmente, el modelo lineal trata la innovación únicamente desde la perspectiva del mercado, es decir, sólo considera como innovación los productos y procesos que son nuevos para el mundo; se rechazan como innovaciones los productos y procesos que son nuevos para la empresa. La primera empresa que comercializa un invento en el mercado es la innovadora. Las empresas que introducen el mismo invento posteriormente son presumiblemente imitadoras y su acción es la imitación o adopción de innovaciones. En cualquier caso, la adopción o imitación implica cierta actividad creativa que se concreta en una mejora funcional del producto o del proceso o, en último extremo, siempre conlleva mejoras menores relacionadas con la puesta en marcha del proceso de fabricación (muchas de estas actividades son similares a las de la innovación incremental). En resumen, la imitación o adopción de innovaciones de otras empresas provoca algún tipo de innovación en la empresa que las adopta, posiblemente de menor magnitud que las provocadas si la empresa comercializa un invento que previamente ha desarrollado internamen-

te. Desde esta perspectiva, la empresa concibe la innovación como toda idea, práctica u objeto que percibe como novedoso, a pesar de que incluso pueda ser una rutina para otras empresas.

Modelo cadena-eslabón (modelo de Kline)

Schmookler (1966) sugiere que el proceso de innovación tecnológica puede involucrar la síntesis simultánea de varios aspectos de ciencia y tecnología. En este sentido Kline (1985) ha propuesto un modelo alternativo, denominado «modelo cadena-eslabón», que, en vez de tener un curso principal de actividad -como el modelo lineal-, tiene cinco. Dichos caminos son vías que conectan las tres áreas de relevancia del proceso de innovación tecnológica: la investigación, el conocimiento y el proceso de la cadena central de innovación tecnológica (figura 1).

1. Cadena central de innovación [C]: Existe abundante evidencia empírica que concluye que el mercado constituye la inspiración básica de la innovación. De acuerdo con este planteamiento, la asignación de recursos para la actividad innovadora está determinada principalmente por fuerzas que operan en el sector de la demanda (tirón de la demanda).

El segundo elemento de la cadena es la invención o el diseño analítico. La disponibilidad de inventos no explotados forman parte del conjunto de posibilidades de innovación abiertas a empresarios potenciales: individuos que se encuentran en situación de intentar introducir algo nuevo en el sistema económico.

El diseño analítico consiste en combinar componentes ya conocidos o modificar diseños existentes para hacerlos más efectivos y/o eficientes. Esta *fertilización por cruce* de las diferentes tecnologías es un fenómeno que no ha tenido la consideración que merece en la historia de la tecnología. Una excepción es Sahal (1981), quien señaló la importancia de lo que él llama *simbiosis creativa*, o sea la combinación de tecnologías que estaban separadas. Los automóviles actuales constituyen un ejemplo familiar de diseño analítico. Como señala Iacocca (1985): los coches nuevos hoy son una mera ilusión. Cada novedad que sale al mercado es una combinación de partes y componentes de modelos anteriores. La originalidad suele ser el laminado del metal, la transmisión o el chasis. Pero nadie, ni siquiera General Motors, puede permitirse el lujo de fabricar un coche a partir de cero. En la actualidad, el diseño analítico es un iniciador más común de la cadena central de la innovación que la invención. La misión del diseño analítico consiste en tomar conciencia de las posibilidades de combinación de las tecnologías y adecuarlas al mercado y a los recursos de la empresa. Diseñar es, en definitiva, concebir un producto que realice aquellas funciones capaces de satisfacer una demanda y materializarlo en una forma que sea técnica y comercialmente viable.

La invención (y el diseño analítico) puede existir en algún lugar, siendo la misión de la empresa imitarla o adoptarla para lograr una innovación. La tecnología nueva no se genera necesariamente en el sector ni por la empresa que la utilizará. La innovación se utiliza en un determinado sector y una empresa de otro sector la adopta para comercializarla en su mercado; ello es posible porque la tecnología es transversal, ya que no concierne a un solo oficio o actividad. Así pues, las tecnologías inventadas para una empresa a veces también resultan de utilidad para otras en diferente sector. Es decir, todo descubrimiento tecnológico tiene efectos y origina progresos en distintas ramas de actividad, como ocurre con los ordenadores. Este flujo interindus-

trial de la tecnología es una de las características más distintivas de las sociedades industriales avanzadas (Rosenberg, 1993b). La innovación puede asimismo ser virtualmente forzada en una empresa por otras empresas. A menudo es el suministrador de materias primas, componentes o maquinaria quien promueve el cambio entre las empresas usuarias. Los fabricantes de equipos son la fuente principal de cambio tecnológico en muchas industrias. La innovación además de estar influenciada por la cantidad de recursos que la empresa utiliza en generar o mejorar su propia tecnología, también depende de los recursos que otras empresas (situadas en diferentes sectores industriales) dedican a la mejora de los bienes de capital y otros inputs que ésta utiliza. Puede ocurrir que un inventor o una pequeña empresa generen un invento y ser otra empresa la que lo desarrolle y lo comercialice. A su vez, es frecuente que una empresa imite (adopte) la tecnología que ha desarrollado alguno de sus competidores; incluso puede que el innovador le conceda una licencia. Por último, la innovación en una empresa depende de la disponibilidad y utilidad de la tecnología extranjera. En consecuencia, para mejorar su productividad, las empresas dependen cada vez más de las habilidades y recursos externos a ellas. En EEUU un 22% de las innovaciones han sido adoptadas; en el Reino Unido esto ocurre en un 33% de los casos (Roberts, 1988).

La imitación (adopción) de un producto por parte de la empresa conlleva la realización de una serie de actividades con objeto de adaptarlo a los procesos productivos de la empresa y poder satisfacer las necesidades del mercado; este proceso de adaptación no está exento de actividad creativa, por lo que, en muchos casos, contribuye a realizar algún tipo de mejoras incrementales a la tecnología adoptada.

A veces, la innovación puede exigir el reposicionamiento del producto, para poder acceder al mercado de masas. Por ejemplo, los fabricantes de hornos microondas habían concebido el producto para sustituir la cocina eléctrica o de gas, pero esta idea no tuvo éxito en el mercado. Posteriormente, rediseñaron el producto para reducir el tamaño de forma que pudiera colocarse sobre las encimeras de la cocina y, así, ofrecerlo como un sistema de cocina complementario, con el correspondiente éxito alcanzado (Robertson, 1994). En general, la nueva tecnología es costosa y relativamente tosca en el inicio de su comercialización. Además, el innovador suele tener tendencia a creer que sus aplicaciones son limitadas; por lo que se hace necesario el rediseño del producto para que realmente pueda satisfacer una necesidad. Rediseñar no significa maquillar, sino actualizar y mejorar, aprovechando al máximo lo ya existente y sustituyendo o añadiendo aquéllas partes, materiales y acabados, que hagan una aportación rentable. El rediseño contribuye a mejorar las características funcionales de los productos y procesos y, en muchos casos, suele ir acompañado de un styling (acabado formal o actividad de embellecimiento) original que satisfaga los gustos imperantes en el mercado.

El rediseño se hace sobre los productos de la propia empresa para conseguir una mayor penetración en el mercado; pero también se aplica a los productos de la competencia con objeto de mejorarlos funcionalmente y, posteriormente, comercializarlos en el mercado con la marca propia (proceso que recibe el nombre de imitación creativa).

En la etapa de producción, después de que se ha diseñado el producto, esto es, después de que se han completado las etapas de I+D, el invento aún es susceptible de más mejoras, a menudo individualmente pequeñas, pero acumulativamente muy grandes, que pueden identificarse

como resultado de su implicación directa en el proceso productivo. Son una consecuencia del efecto denominado *aprender mediante la práctica* o *aprender haciendo*: la mejora viene determinada, tanto por la experiencia acumulada por los fabricantes con el tiempo, como por su producción acumulada (Rosenberg, 1993b). En esta etapa las mejoras son el efecto de desarrollar una habilidad creciente en la producción, que contribuye a reducir los costes unitarios medios en un porcentaje constante a medida que se duplica la producción acumulada. Obviamente la participación en el proceso productivo no es suficiente ya que la percepción de posibles mejoras depende no solo de la oportunidad de hacer ciertas observaciones, sino también de un entrenamiento y experiencia. La cuestión es que las actividades productivas siempre implican tipos especializados de conocimientos, muchos de los cuales pueden ser sólo para ciertos procesos industriales, que contribuyen a mejorar la eficiencia de la tecnología en uso.

Existe una gran diferencia entre las actividades puras de I+D y el efecto aprender haciendo. La I+D constituye un aprendizaje que tiene lugar en un sitio alejado del área de producción mientras que el aprender haciendo tiene lugar en la etapa de producción. El aprendizaje en I+D involucra empleados con cualificaciones técnicas y científicas mientras que el aprender haciendo involucra una gran variedad de empleados a nivel operativo, incluyendo tanto los directos como los indirectos. La I+D ocupa a unas pocas personas mientras que el aprender haciendo involucra a muchas personas. La I+D se relaciona con actividades a pequeña escala y plantas piloto, el aprender haciendo involucra todo tipo de actividades en el área de producción. Los resultados de I+D tienden a ser más generales y teóricos que el aprender haciendo. El aprender haciendo también involucra algún tipo de experimentación pero se lleva a cabo en el lugar de trabajo.

Cada etapa del proceso puede realizarse dentro o fuera de la empresa. Para desarrollar y poner en práctica ideas generadas en el interior de la empresa pueden contratarse recursos y medios en el exterior y viceversa. Además unas etapas a menudo conllevan considerablemente más tiempo y dinero que otras. Las etapas mostradas en la figura 1 representan la cadena más larga, y pertenecen típicamente a la industria pesada. Sin embargo, para determinados productos algunas etapas puede ser suprimidas y la cadena se acortará. En este sentido, la diferencia en el número de etapas es altamente dependiente del tiempo requerido para el desarrollo del producto y su coste.

2. Eslabones de retroalimentación [h, f, F]. Hay tres tipos de mecanismos de retroalimentación: uno, el círculo pequeño de retroalimentación -representado por h-conecta cada fase de la cadena central con su fase previa (por ejemplo, distribución y venta con producción); otro, el círculo grande de retroalimentación -representado por f-proporciona información sobre las necesidades del mercado a las fases precedentes del proceso de innovación tecnológica, y, finalmente, la retroalimentación que proviene del mercado (F) y proporciona información sobre la posibilidad de desarrollar nuevas aplicaciones industriales. Los resultados de las investigaciones realizadas al respecto confirman cómo la aplicación más importante de una tecnología nueva no es siempre la planificada. Las innovaciones tecnológicas frecuentemente consiguen el primer espaldarazo para fines en los que no se pensó al principio o que se consideraron secundarios. Por lo tanto, los promotores de una nueva tecnología deben adoptar una estrategia de exploración de nuevas aplicaciones, con una mente abierta hacia nuevos usos y dispuesta a sufrir pruebas en campos inesperados.

3. La cadena-eslabón de conocimiento e innovación [K-R]. El eslabón entre el conocimiento y la innovación no es sólo unidireccional, como prevé el modelo lineal. Siempre que acontece un problema en una actividad de la cadena central de la innovación tecnológica, se acude al conocimiento existente -techne-. Este vínculo es la base para nombrar a éste el modelo de cadena-eslabón. Luego, el punto de partida lo constituye la explotación de las capacidades tecnológicas. Aunque, como veremos, otras áreas y departamentos pueden también aportar importantes conocimientos tecnológicos, éstos generalmente se originan en el departamento de I+D.

La invención tratará en primer lugar de conectarse con el conocimiento existente que, de no ser suficiente o satisfactorio, obligará a llevar a cabo una investigación con objeto de generar nuevo conocimiento que permita desarrollar la invención. La llamada al conocimiento se indica mediante la línea 1 que liga la invención al pequeño círculo etiquetado con la letra K en la capa conocimiento. Si éste proporciona los datos necesarios (conceptos o teoría) la información es trasladada al invento o diseño analítico, lo que se refleja mediante la flecha 2. Si no existe tal información, entonces hay que realizar una investigación, lo que se indica mediante la flecha 3 desde el círculo K al círculo R. El retorno se refleja en la línea 4; los resultados de la investigación se añaden asimismo al stock de conocimientos. Un conjunto similar de conexiones acontece a lo largo de toda la cadena central de la innovación.

El acceso a los resultados de las investigaciones efectuadas en los distintos países e instituciones no es fácil. Algunos estudios indican que este acceso está relacionado con el grado de participación de los investigadores; no obstante, disponer de estos resultados resulta imprescindible para el desarrollo de futuras innovaciones. En consecuencia, la dirección de una empresa debe favorecer e impulsar el contacto de sus investigadores y técnicos con colegas de otras empresas e instituciones; con medidas como la colaboración Universidad-Empresa, la concesión de premios a los investigadores propios que publiquen en revistas científicas, la participación en congresos y la realización de seminarios inter e intra empresariales, con la asistencia de científicos relevantes de la especialidad tratada.

La investigación abarca tanto la investigación científica (básica y aplicada) como la investigación tecnológica; esta última incluye la investigación industrial en procesos, en organización de la producción y en calidad de los productos, entre otras. Como consecuencia hay dos tipos de conocimientos: científico de base general y alcance amplio en el tiempo y tecnológico de naturaleza aplicada. El conocimiento se coloca entre la investigación y los otros elementos de la cadena de la innovación, ya que hace de intermediario.

La investigación es la herramienta básica utilizada en la creación del conocimiento, pero es el conocimiento acumulado y el sistema construido por ese conocimiento el que proporciona el input primario para la innovación convencional. Una persona que quiera innovar no acudirá primero a la investigación. Al contrario, primero acudirá al estado del arte, a los conocimientos personales acerca de los principios que gobiernan el mundo en ese campo. Después acude a la literatura, oficina de patentes, consulta a colegas o se asesora de expertos. Cuando observa que el conocimiento que necesita no está disponible abandona o inicia la investigación. A este respecto, la historia de la tecnología nos dice que transcurre por término medio una década desde que comienza la investigación hasta que ésta afecta al producto o al proceso (Kline, 1985).

Lógicamente, dependiendo de la actividad considerada, la relación entre investigación, conocimiento y cadena de innovación va a generar un tipo de conocimiento diferente. Así en la fase de invención se genera ciencia, caracterizada por su aplicación a largo plazo. En las fases de diseño detallado y test, se puede generar tanto ciencia como investigación de sistemas, caracterizados por una dimensión temporal más corta. En la actividad de producción se genera investigación de procesos; es decir, mecanismos de modificación de los procesos productivos para obtener mejoras en la calidad o la eficiencia. La investigación de procesos es la que produce los cambios competitivos más importantes en la empresa, ya que son de aplicación inmediata a su posición estratégica. Sin embargo, el modelo lineal no contempla este tipo de investigación de procesos que, por lo demás, es el más efectivo. De esta forma, los gobiernos y las empresas lo abandonan, por lo que no se tiene en cuenta en la política tecnológica.

Los conocimientos constituyen, pues, una fuente de ideas para la innovación. A grandes rasgos, existen dos categorías de conocimiento: directo e indirecto. Las influencias directas provienen del progreso tecnológico intraindustrial. Una parte de ese conocimiento es secreto, y así permanece; otra parte llega al dominio público a través de las ferias, revistas profesionales, visitas a las empresas, así como a través del archivo de patentes, entre otras fuentes. Las influencias indirectas se derivan de cambios en la ciencia y tecnología en general (Katz, 1984).

Una gran parte del conocimiento tecnológico se genera en el departamento de I+D que, además de realizar las correspondientes investigaciones para desarrollar nueva tecnología o mejorar la actual, deberá estar informado acerca de los avances de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, existe otro tipo de conocimiento mucho más sutil, pero no por ello menos importante, que afecta al proceso de innovación tecnológica y se encuentra en las siguientes relaciones: el trabajador en su puesto de trabajo, el trabajador dentro del grupo, el trabajador en la empresa, las relaciones de la empresa con otras empresas y el entorno donde la empresa desarrolla sus actividades. Cada una de estas relaciones es una fuente de conocimientos que puede contribuir a solucionar alguno de los problemas tecnológicos de la empresa.

Determinado conocimiento directo surge de una íntima familiarización laboral alimentada con años de esfuerzo, y reside en las relaciones del individuo con un determinado entramado social y con ciertas tareas y herramientas y no en una fórmula ni en ningún conjunto de reglas (Badaracco, 1992). Mezclada con la masa media de habilidades técnicas, y surgiendo de ella, se encuentra el conocimiento que comprende la interrelación de máquinas, materiales, mano de obra e información en los procesos de producción de bienes y servicios. Este conocimiento es necesario para poner en marcha, controlar o transformar una tecnología. Es un núcleo de conocimiento muy importante pero desorganizado, que no puede recibir el apelativo de científico por no contener reglas universales y que es el conocimiento de las circunstancias particulares de tiempo y lugar. Para poder valorar cumplidamente este conocimiento, sólo es necesario recordar lo mucho que hay que aprender sobre cualquier ocupación después de haber terminado la formación teórica, la gran parte de tiempo de la jornada laboral que se dedica a aprender determinados trabajos y lo valioso que es en todas las profesiones el conocimiento de la gente, de las condiciones locales y de las circunstancias especiales.

La investigación industrial frecuentemente se proyecta sobre productos o procesos de naturaleza compleja y pluritecnológica, que requieren diversas cualidades de talento y de los que nin-

gún sujeto puede por sí mismo establecer las relaciones de causa efecto que determinan su funcionamiento. Por el contrario, los miembros de un grupo como un todo sí pueden proporcionar una explicación más completa de por qué un proceso o un producto se comporta de la forma en que lo hace. La capacidad global de un equipo para encontrar soluciones sobrepasa normalmente a la suma de las capacidades individuales de los miembros que la componen. Este conocimiento integral de equipo ha sido denominado *saber por qué* (*Know why*) e incluye conocimiento de relaciones, interacciones, resultados experimentales y de principios científicos o de ingeniería que explican por qué una pieza de maquinaria o un producto farmacéutico, por ejemplo, se comporta de una determinada manera.

Otra clase de conocimientos que está presente en los grupos es más difícil de expresar que la referida a las capacidades complementarias. Los integrantes de los equipos que dan buenos resultados saben cómo deben trabajar entre sí. Para asegurar estos resultados, existe una serie de factores que pueden ser descritos y manejados mediante la especificación de las tareas del grupo, la delegación de responsabilidades, los incentivos y otras técnicas. Pero, aparte de éstos, hay otros factores que son más etéreos y amorfos; son aquellos que contribuyen a crear la química apropiada del grupo. Algo que hace clic cuando se alcanza una conjunción armoniosa entre las personalidades adecuadas, el ambiente de trabajo, la comunicación dentro del grupo y el liderazgo (Badaracco, 1992). Es decir, esa clase de lectura sutil de signos que se da entre los trabajadores compenetrados y que es intraducible a medidas concretas y verificables.

A su vez, una empresa es un núcleo de conocimientos; puede conocer, recordar y saber cosas que ninguno de los individuos o equipos que operan dentro de ella saben. De esta manera surgen las rutinas organizativas que representan una pauta regular y predecible de actividad, integrada por una secuencia de decisiones coordinadas (Nelson y Winter, 1982). De hecho, constituyen un conocimiento específico de la empresa y son el resultado del aprendizaje colectivo de ésta, en especial sobre cómo coordinar diversas tecnologías y técnicas de producción (Hamel y Prahalad, 1995). Las rutinas determinan las tareas a efectuar, así como la forma en que deben llevarse a cabo. Son patrones de interacción que representan soluciones apropiadas a problemas concretos. De acuerdo con este planteamiento, una empresa es en sí misma una compleja jerarquía de rutinas organizativas que definen los conocimientos de nivel inferior, cómo se coordinan y los procedimientos de decisión en el nivel superior de la organización que sirven para seleccionar lo que se hará en los niveles inferiores. Las rutinas pueden ser de dos tipos (Teece *et al.*, 1994): estáticas y dinámicas. Las estáticas permiten repetir de forma continua ciertas tareas ya realizadas previamente. Las dinámicas están dirigidas al aprendizaje y a la coordinación en el proceso de desarrollo de nuevos productos o proyectos; estas últimas resultan fundamentales para hacer frente a un entorno cada vez más volátil.

En la era de la tecnología de la información, lo normal es que la innovación tenga origen en concatenaciones industriales que trascienden los límites de cada sector o cada disciplina científica. A la inversa, la tecnología de la información actúa como catalizador y crea conjuntos de elementos innovadores que se abren de forma sistémica. Es lo que se denomina *aprendizaje mediante la interacción* (Baba e Imai, 1993). Las empresas mantienen cada vez más relaciones a medio y largo plazo para intercambiar información y tecnología, con objeto de incrementar su competitividad, dando lugar a las alianzas estratégicas y redes de cooperación entre empresas. Estudios recientes apuntan que las empresas han explotado sus nuevas oportunidades y han ela-

borado estrategias mundiales de investigación y creado redes para emprender programas de innovación que trascienden con mucho su propio país de origen. Los gobiernos fomentan políticas de colaboración transfronteriza entre los círculos académicos y empresariales.

Finalmente, el conocimiento y las capacidades pueden residir en áreas geográficas, es decir, en los intersticios de las relaciones sociales, financieras, tecnológicas y de gestión que pueden unir a organizaciones próximas entre sí territorialmente hablando, tal y como ocurre en los parques tecnológicos y en determinadas zonas industriales.

4. Conexión directa entre investigación e invención [D]. El investigador comunica a la empresa los progresos relacionados con el conocimiento que pueden constituir la base de una futura innovación (empujón de la ciencia); la misión de la empresa es encontrarle un mercado. Ahora bien, la flecha bidireccional indica dos cosas: 1) la investigación científica no aboca inmediatamente en el desarrollo, se requiere previamente la invención, y 2) la gran ciencia crea oportunidades para nuevos productos, pero la percepción de necesidades o posibles ventajas del mercado puede estimular investigaciones importantes. Esta investigación no necesita ser básica.

5. Conexión directa entre mercado e investigación [S, P, T]. Algunos resultados de la innovación, tales como instrumentos, máquinas herramientas y procedimientos tecnológicos son utilizados para apoyar la investigación científica (un ejemplo actual es el uso de ordenadores digitales en el laboratorio); esta conexión se representa por la flecha P. Hay otra conexión cualitativamente diferente desde los mercados a la investigación, que puede ser directa (flecha S) o indirecta (flecha T), a través de la conexión con el mercado potencial. Un ejemplo de conexión directa son las agencias del gobierno y las grandes empresas de los países desarrollados que buscan áreas de innovación potencial y apoyan la investigación a largo plazo con el fin de resolver graves problemas sociales y militares (tales como la investigación sobre el SIDA y el programa de la guerra de las Galaxias, entre otros) o para sugerir mejoras en la calidad y desempeño de productos viejos (la investigación en superconductores y nuevos materiales).

La conexión indirecta considera que la innovación comienza en el departamento de marketing al ser el que interpreta la necesidad del mercado, mientras que la respuesta proviene del personal investigador. Dicho de otra manera, las personas de la empresa que tratan directamente con los clientes plantean un problema, y el personal de investigación proporciona la solución (Kamien y Schwartz, 1989; 40). En muchos casos las ideas de los clientes son canalizadas a través de los vendedores, quienes, a su vez, también constituyen otra fuente de ideas para la innovación.

Los usuarios también contribuyen al desarrollo tecnológico de los productos; este tipo de aprendizaje se conoce como *aprender usando*. Esta posible contribución de los usuarios se encuentra vinculada a la imposibilidad de predecir, antes de su uso, qué niveles de prestaciones podrá ofrecer la innovación, así como que resultados podrá alcanzar. Por tanto, el uso del producto actúa como indicador permanente de los resultados posibles, siendo también un inductor de la creación. Las contribuciones del usuario acontecen especialmente en las primeras etapas del desarrollo del mercado. Además, durante la introducción de un nuevo producto al mercado, las mejoras en el proceso o en el producto pueden ser casi tan importantes como la nueva idea en sí.

Los resultados obtenidos en el aprendizaje por el uso son de dos tipos: incorporados (si se traducen en cambios en la concepción del producto o en su propia materialidad técnica) y no incorporados (si únicamente influyen sobre los procedimientos y las reglas de utilización de los productos). En el primer caso, la experiencia inicial de una nueva tecnología conduce a una mejor comprensión de la relación entre las características específicas de funcionamiento del diseño que permiten las mejoras subsiguientes. El resultado es la modificación apropiada del diseño. En el segundo caso -conocimiento no incorporado- el conocimiento generado conduce a ciertas alteraciones del uso que no requieren modificaciones en el diseño (o sólo modificaciones triviales). Aquí, la experiencia prolongada con el producto proporciona información sobre su funcionamiento y características operativas que, a su vez, aboca en nuevas prácticas que aumentan la productividad del producto, bien alargando su vida útil o bien reduciendo sus costes operativos (Rosenberg, 1993b).

La aplicación creativa del aprendizaje por el uso puede ser importante en las industrias de alta tecnología, por ejemplo los ordenadores, donde el desarrollo de un software efectivo depende enormemente de la experiencia del usuario. De igual modo es particularmente importante en el caso de bienes de equipo, con objeto de determinar las características óptimas de funcionamiento de un bien de equipo duradero en lo que afecta a la extensión de su vida útil.

Ahora bien, el eslabón con el mercado no es la única fuente de investigación a largo plazo, ya que siempre puede existir el deseo de solucionar problemas en el estado de la ciencia por sí mismo.

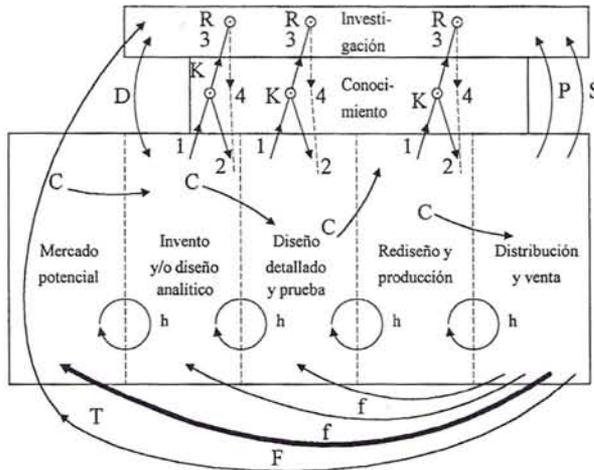
A modo de conclusión, hay que señalar que los cinco caminos son importantes: ninguno describe por sí mismo todas las fuentes de la innovación o todas las funciones necesarias para el éxito de la I+D industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCHIBUGI, D. y MICHIE, J. (1994): «La internacionalización de la tecnología: mito y realidad», Información Comercial Española, nº 726, febrero, pp. 23- 41.
- AOKI, M. (1990): La estructura de la economía japonesa, Fondo de Cultura Económica, México.
- BABA, Y. y IMAI, K. (1983): «Una concepción reticular de la innovación y el impulso empresarial: la evolución de los sistemas VCR», Revista Internacional de Ciencias Sociales, n. 135, marzo, pp. 27-37.
- BADARACCO, J. L. (1992): Alianzas estratégicas, McGraw Hill, Madrid.
- BROOKS, H. (1994): «The relationship between science and technology», Research Policy, vol. 23, pp. 477-486.
- BUNGE, M. (1982): «Diferencias entre ciencia básica y ciencia aplicada», El País, 18, 19 y 20 de junio.
- COOPER, A. C. y SCHENDEL, D. (1976): «Strategic responses to technological threats», Business Horizons, Febrero, pp. 61-69.
- GALBRAITH, J. K. (1980): El nuevo estado industrial, Ariel, Barcelona.
- HAMEL, G. y PRAHALAD, C. K. (1995): Compitiendo por el futuro, Ariel, Barcelona.
- HAYEK, F. A. (1945): «The use of knowledge in society», American Economic Review, vol. 35, pp. 519-530.
- IACocca, L. y NOVAK, W. (1985): Iacocca (Autobiografía de un triunfador), Grijalbo, Barcelona.
- KAMIEN, M. I. y SCHWARTZ, N. L. (1989): Estructura de mercado e innovación, Alianza Editorial, Madrid.
- KATZ, J. (1984): «Innovaciones tecnológicas internas y ventajas comparativas dinámicas: Nuevas reflexiones sobre un programa de estudios casuísticos comparativos», Información Comercial Española, n. 605, enero, pp. 77-92.
- KETTERINGHAM, J. M. y WHITE, J. R. (1984): «Making technology work for business», en R. B. LAMB (ed.): Competitive strategic management, Prentice Hall International, Englewood Cliff.
- KLINE, S. J. (1985): «Innovation is not a linear process», Research Management, julio-agosto, pp. 36-45.

- KNIGHT, K. E. (1967): «*A descriptive model of the innovation process*», *Journal of Business*, vol. 39, pp. 478-496.
- MANSFIELD, E. (1987): *Microeconomía*, Editorial Tesis, Buenos Aires.
- MANSFIELD, E.; RAPOPORT, J.; SCHNEE, J.; WAGNER, S. y HAMBURGER, M. (1977): *Research and innovation in the modern corporation*, Norton, Nueva York.
- MOKYR, J. (1993): *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico*, Alianza Editorial, Madrid.
- NELSON, R. (1974): «*Innovación*», en D. L. SILLS (dir.): *Enciclopedia internacional de ciencias sociales*, Aguilar, Madrid.
- NELSON, R. y WINTER, S. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- OCDE (1981): *La medición de las actividades científicas y técnicas*, Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), Madrid.
- OUCHI, W. G. (1980): «*A framework for understanding organizational failure*», en J. R. KIMBERLY y R. H. MILES (eds.): *The organizational life cycle*, Jossey Bass, San Francisco.
- PENROSE, E. T. (1962): *Teoría del crecimiento de la empresa*, Aguilar, Madrid.
- ROBERTS, E. B. (1988): «*Managing invention and innovation*», *Research/Technology Management*, vol. 31, n. 1, enero-febrero, pp. 1-11.
- ROBERTSON, T. S. (1994): «*Cómo reducir los ciclos de penetración de productos*», *Harvard-Deusto Business Review*, n. 59, pp. 58-70.
- ROSENBERG, N. (1993a): «*Investigación y política científica: algunas cuestiones esenciales*», *Economía Industrial*, enero-febrero, pp. 23-36.
- ROSENBERG, N. (1993b): *Dentro de la caja negra: tecnología y economía*, La Llar del Llibre, Barcelona.
- SAHAL, D. (1981): *Patterns of technological innovation*, Addison Wesley Publishing Co., Reading, Mass.
- SCHMOOKLER, J. (1962): «*Economics sources of inventive activities*», *Economic Journal*, marzo.
- SCHMOOKLER, J. (1966): *Invention and economic growth*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- SCHUMPETER, J. A. (1984): *Capitalismo, socialismo y democracia*, Folio, Barcelona.
- SOLO, R. (1979): «*La capacidad para asimilar una tecnología avanzada*», en N. ROSENBERG (ed.): *Economía del cambio tecnológico*, Fondo de Cultura Económica, México.
- STIGLITZ, J. E. (1993): *Economía*, Ariel, Barcelona.
- TEECE, D. J.; RUMELT, R. P.; DOSI, G. y WINTER, S. (1994): «*Understanding corporate coherence. Theory and evidence*», *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 23, pp. 1-30.
- UTTERBACK, J. M. (1974): «*Innovation in industry and the diffusion of technology*», *Science*, vol. 183, febrero, pp. 620-626.
- ZALTMAN, G., DUNCAN, R. y HOLBECK, J. (1984): *Innovations and organizations*, John Willey, Nueva York.

FIGURA 1. ELEMENTOS DEL MODELO CADENA-ESLABÓN (KLINE, 1985)



C=cadena central de la innovación, h=círculos cortos de retroalimentación, f=retroalimentación del mercado a las fases precedentes, F=bucle de retroalimentación relevante, K-R=conexiones de conocimiento y la investigación a la innovación y cursos de retorno (si el problema es resuelto en el módulo K, no se activa el eslabón 3 a R, el retorno de la investigación -eslabón 4- es problemático, de ahí la línea a trazos), D=eslabón directo entre la investigación y los problemas de diseño e invención, P=apoyo a la investigación científica desde instrumentos, máquinas y procedimientos tecnológicos, T=conexión indirecta entre mercado e investigación, S=conexión directa entre mercado e investigación.

