

¿Innovar o imitar? Una modelización del proceso de producción de tecnología

El presente trabajo desarrolla un modelo microeconómico de producción de tecnología. Se analizan los factores que determinan que un productor decida invertir recursos en el desarrollo de innovaciones propias, en lugar de decantarse por imitar las innovaciones creadas por otros empresarios y venderlas una vez que el régimen legal se lo permita. La decisión que adopte estará en función del diferencial de ganancias que generen las dos alternativas. Este diferencial dependerá de los beneficios generados anualmente por el producto inventado, del periodo de duración del monopolio legal que permite al descubridor explotar la innovación en régimen de exclusividad, de la tasa de obsolescencia de la tecnología, del tipo de interés, de los costes de investigación y desarrollo y de los costes de imitación. Sobre esta base, se desarrolla un análisis de estática comparativa que sirve para determinar de qué modo incide cada factor y ayuda a diseñar una política de innovación tecnológica eficaz.

Lan honetan teknologia ekoizteko eredu mikroekonomiko bat aurkezten da. Ekoizle batek beste enpresaburu batzuek sortutako berrikuntzak imitatu, eta legeak baimentzen duenean horiek saldu beharrean, berrikuntza propioak garatzen lagunduko dioten baliabideetan inbertitzera bultzatzen duten faktoreak aztertzen dira. Bi aukerek sortzen dituzten diru-irabazien diferentzialak baldintzatuko du erabakia. Diferentzia hori, hain zuzen, honako alderdi hauen mende egongo da: asmatutako produktuak urtean sortzen dituen etekinak; asmatzaileari berrikuntza eskusibotasunez gozatzeko aukera ematen dion legezko monopolioaren indarraldia; teknologiaren zaharkitze-tasa; interes-tipoa; ikerketari eta garapenari lotutako kostuak eta imitazio-kostuak. Horren ildotik, beraz, estatistika konparatiboko azterketa egiten da, faktore bakoitzaren eragina zehaztu, eta berrikuntza teknologikoko politika eraginkorra diseinatzeko laguntzen du.

This paper develops a microeconomic model of technology production. Through it we analyse the factors that determine whether a producer will decide to invest resources in the development of his own innovations, instead of choosing to imitate the innovations created by other entrepreneurs, and sell them once the law allows. The decision he takes will depend on the earnings differential that the two alternatives generate. This differential will, in turn, depend on the earnings generated annually by the invented product, the length of the legal monopoly that permits the discoverer to exploit the innovation exclusively, the obsolescence rate of the technology, the interest rate, the R&D costs and the imitation costs. On the basis of this, we carry out a comparative static analysis to determine the importance of each factor and to help design an efficient technological innovation policy.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Planteamiento del modelo
 3. Estática comparativa y política de innovación tecnológica
 4. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: tecnología, innovación, imitación, política de innovación.

Keywords: technology production, innovation, imitation, technological innovation policy.

N.º de clasificación JEL: O31, O34.

1. INTRODUCCIÓN

Según algunos historiadores económicos, entre los que se encuentra el premio Nobel Douglass North, el desarrollo de los derechos de propiedad intelectual e industrial constituye la base del moderno crecimiento económico¹. Dichos derechos permiten al creador de una nueva invención explotarla en régimen de monopolio durante un tiempo determinado, haciendo posible captar parte de los beneficios sociales que la invención ha generado y explotar la cualidad de exclusividad, al menos parcial, que poseen las ideas². Así, cuando las empresas e individuos invierten en la creación de tecnología, esperan recuperar, con intereses, el dinero y el esfuerzo invertido en su creación patentándola. Transcurrido el periodo de monopolio, cualquier productor puede fabricar el

invento sin que exista ningún tipo de restricción legal. A pesar de los problemas que presenta el sistema de patentes, entre otros, las incertidumbres que acarrea el proceso administrativo o los altos costes de supervisión, éste se presenta como una buena opción que haga posible, por un lado, mantener los incentivos a la inversión y, por otro, permitir la difusión de nuevas tecnologías que beneficien a los consumidores³.

De este modo, los recientes modelos de crecimiento endógeno consideran que los derechos de propiedad constituyen la pieza clave para explicar los procesos de creación de nuevas tecnologías y, por ende, la evolución de la productividad total de los factores⁴. La presencia de competencia imperfecta en los mercados de tecnología permite generar recursos para llevar a cabo las actividades de innovación. Estas actividades darán como resultado la generación

* El autor agradece las valiosas aportaciones efectuadas por los evaluadores en el proceso de revisión del artículo.

¹ Véase, por ejemplo, North (1981).

² Tal y como recoge Romer (1990).

³ Véase Wright (1983) y Kaufer (1988).

⁴ En Helpman (2007) se puede encontrar una síntesis de este tipo de modelos.

de nuevos productos y un incremento en el *stock* de conocimientos, con efectos de desbordamiento que contribuirán a impulsar este tipo de actividades. Dentro de los modelos de crecimiento endógeno, van a tener especial importancia los trabajos de índole neoschumpeteriana, basados en el concepto de escaleras de calidad. De acuerdo a dichos modelos, los nuevos descubrimientos superarán a las tecnologías más antiguas, a las que dejarán obsoletas, produciéndose el proceso denominado creación destructiva.

Con todo, los modelos de crecimiento endógeno presentan limitaciones teóricas. En general, suponen que los mecanismos de protección de los derechos de propiedad intelectual e industrial funcionan perfectamente. Así, la gran mayoría de trabajos sobre innovación no tienen en cuenta la posibilidad de que las invenciones sean imitadas y, cuando lo hacen, presuponen un coste cero en la imitación de los productos. Sin embargo, este enfoque es poco realista⁵. El fenómeno de la imitación es intrínseco al desarrollo de nuevas tecnologías⁶ y el mismo tiene una gran trascendencia, tanto por afectar directamente a los beneficios que pueden obtener los innovadores como por reportar importantes externalidades y constituir un elemento esencial en el desarrollo económico de los países emergentes.

⁵ Hay que indicar que muchas empresas no recurren al sistema de patentes para evitar la imitación de sus productos. Los métodos que utilizan se basan en mantener los detalles de la innovación en secreto, en la fidelidad del consumidor –resultado de un mejor servicio y una posición de mercado más fuerte– o en las ventajas que se derivan de copar el mercado en primer lugar con el producto desarrollado. Estas cuestiones son tratadas en profundidad por Mansfield (1968), Levin *et al.* (1987) y Cohen *et al.* (2000). Por otro lado, estos mecanismos se ven reforzados por los importantes costes y tiempo que puede requerir el proceso imitador.

⁶ Véase Mansfield *et al.* (1981).

Con todo, a pesar de constituir un fenómeno tan tangible y evidente, son pocos los trabajos, teóricos y empíricos, que tratan de modelizar los procesos de innovación considerando la presencia de imitadores. Un primer esfuerzo en este sentido lo realizan Grossman y Helpman (1991). Estos autores consideran los procesos de imitación como característicos de los sistemas de producción de las economías en vías de desarrollo. Según ellos, este tipo de procesos acaban siendo perjudiciales para el crecimiento económico global, al influir negativamente sobre las actividades de innovación.

Sin embargo, en contraposición a esta perspectiva, Mukoyama (2003) considera que la imitación puede tener consecuencias positivas para la innovación y la actividad económica. En su trabajo, realiza un análisis de la interacción entre innovación e imitación y de su contribución conjunta al crecimiento. Para él, mientras que un incremento de las actividades de innovación podría acarrear efectos negativos a través de las distorsiones que introducen los monopolios, las actividades de imitación tendrían efectos positivos por la vía del aumento de la competencia. Así, los imitadores podrían contribuir a incrementar el número de actividades innovadoras y el crecimiento económico. En su modelo, los imitadores pueden llegar a ser líderes innovadores gracias a los procesos de imitación.

Por tanto, los subsidios a la imitación podrían contribuir a aumentar la tasa de crecimiento tecnológica en mayor medida que los subsidios a la innovación. Una política de subsidios mixta, que incentive las actividades de imitación e innovación, sería la más adecuada, dada la diversidad de efectos que tienen lugar.

Esta visión de los procesos de innovación e imitación guarda similitudes con la que reali-

za Sohn (2008). Para él, el proceso imitador trae consecuencias opuestas al bienestar de la sociedad. Por un lado, existe un efecto negativo, derivado de la disminución del esfuerzo innovador derivada de las amenazas de imitación. Por otro, los consumidores salen beneficiados al poder comprar los productos a un menor precio, consecuencia de la reducción en los costes marginales que consiguen los imitadores. Desde el punto de vista social, el efecto neto final sería positivo. Así, a pesar de que las imitaciones desincentivan las innovaciones, éstas pueden acabar beneficiando a la sociedad. Los incentivos a innovar dependerían de la reducción en los costes marginales de fabricación derivados de la innovación y de las posibilidades de que ésta sea imitada.

Por otro lado, los costes de imitación y el coste marginal que soporta el imitador serían los dos elementos fundamentales a la hora de determinar las estrategias de imitación. Las mismas vendrán fijadas por las expectativas de ganancias que se derivan de la reducción en los costes marginales de fabricación. Estas últimas ideas son compartidas por el trabajo preliminar de Walz (1995), quien desarrolla un modelo en el que el proceso de imitación es de índole endógena y las empresas tienen en cuenta la existencia de unos costes de imitación a la hora de plantearse las estrategias a seguir, en contraposición a modelos anteriores, que se planteaban los procesos de imitación como de índole exógena. Por tanto, los procesos de imitación requerirían realizar inversiones en investigación y desarrollo.

El presente trabajo se encuadra dentro de los modelos de crecimiento endógeno sobre innovación en presencia de imitación; y tiene por objeto contribuir a paliar las falencias apuntadas, profundizando en el análisis de los procesos de innovación e imitación. Para ello, plantea un modelo que permite estudiar si a un productor le interesa invertir su tiempo

y recursos en desarrollar una nueva idea o si le conviene esperar a que la idea sea desarrollada por otros productores e imitarla y explotarla una vez que haya concluido el régimen de monopolio legal. En el modelo, se distinguirán dos casos: el del productor que desarrolla y fabrica un producto gracias al fruto de la investigación propia y el del productor que asimila y fabrica un producto resultado de la investigación ajena. El método a seguir va a consistir en comparar las ganancias que obtiene una empresa que decide realizar investigación propia con las que obtendría esa misma empresa si, en lugar de desarrollar ella la invención, optara por imitar la realizada por otro fabricante. Comparando ambas ganancias, se sabrá si al empresario le interesa comercializar sus propias innovaciones o actuar como un imitador.

Así, después de esta introducción, en un apartado segundo, se desarrollará un modelo que permitirá estudiar si a un productor le interesa crear sus propias innovaciones tecnológicas o imitar las ideas creadas por otros productores, una vez transcurrido el periodo legal de explotación monopolística. Esto dependerá de los costes y beneficios que reporte cada opción. De esta forma, se determinarán las variables que van a condicionar el proceso de toma de decisiones. En un tercer apartado, se verá cómo afecta a la inversión en innovación una modificación en dichas variables, mediante un estudio de estática comparativa. Sobre la base de estos resultados, se analizarán las posibles políticas de innovación tecnológica que se deducen del modelo. Por último, se ofrecerán las conclusiones más importantes del trabajo ⁽⁷⁾.

7 Giménez (2006) utiliza una metodología similar, desarrollando un modelo que permite estudiar cuáles son los mecanismos económicos que determinan que los consumidores decidan adquirir una nueva tecnología que reemplace a una tecnología anterior.

2. PLANTEAMIENTO DEL MODELO

2.1. Planteamiento inicial

Al objeto de llevar a cabo el análisis propuesto, en primer lugar, se van a hallar las ganancias que obtendría el productor si, teniendo éxito en el desarrollo de un proyecto de innovación, decidiera comercializar el resultado. Se tendrá en cuenta que la patente podrá ser explotada durante una serie de años en régimen de monopolio. Transcurrido este periodo, la idea podrá seguir siendo comercializada por su creador, pero se permitirá la concurrencia de otros productores al mercado, que asimilarán el producto y su proceso de fabricación. Las ganancias netas totales fruto de la investigación propia, G_{IP} , generadas durante el periodo de vida de la idea, serán:

$$G_{IP} = \sum_{i=1}^{T_1} [G_i \cdot (1+r)^{-i}] - C_0 + \sum_{j=T_1+1}^{T_2} [G_j \cdot (1+r)^{-j}] \quad (1)$$

Donde G_i son las ganancias netas anuales que se obtienen de la explotación del invento en régimen de monopolio hasta el periodo T_1 , en que éste finaliza. A partir de dicho momento, los ingresos anuales que se obtendrán en el mercado de libre concurrencia serán iguales a G_j . Estas últimas ganancias se obtendrán anualmente hasta que se acabe la vida útil de la invención en el periodo T_2 . En ese momento, se considera que la idea se ha quedado obsoleta y ha sido reemplazada por otras, lo que conlleva que ya no se va a explotar más comercialmente⁸. Habrá que tener en cuenta que todas las ganancias anuales obtenidas

por la fabricación del producto deberán ser actualizadas según el tipo de interés, r . Los costes fijos de investigación y desarrollo de la idea aparecen recogidos por C_0 . Estos costes pueden suponer una cantidad muy elevada, ya que, para desarrollar algunas ideas se debe emplear gran cantidad de factores materiales y humanos, a lo que hay que sumar el hecho de que su desarrollo puede llevar un largo periodo de tiempo.

Obsérvese que la diferencia entre las ganancias anuales registradas durante y después del periodo de monopolio, G_i y G_j , se debe a que, en el periodo inicial, el monopolista puede vender las unidades producidas a un precio superior al coste marginal, que haga factible recuperar los costes iniciales, tal y como se argumenta en Romer (1986 y 1990). Sin embargo, el precio de venta variará a partir del fin del monopolio, en T_1+1 .

Por otro lado, hay que analizar, también, qué ocurrirá si dicho productor, en lugar de llevar a cabo el proceso de investigación y desarrollo, deja que sea otro empresario el que lo realice y desarrolle la idea. En este caso, tendrá que esperar a que finalice el periodo de monopolio que disfruta el descubridor para poder fabricar el producto.

Así, durante el restante periodo de vida de la invención, $[T_2 - (T_1+1)]$, se obtendrían unas ganancias netas totales derivadas la investigación ajena, G_{IA} , iguales a:

$$G_{IA} = \sum_{j=T_1+1}^{T_2} [G_j \cdot (1+r)^{-j}] - IMI_0 \cdot (1+r)^{-(T_1)} \quad (2)$$

Obsérvese, en primer lugar, que la suma de las ganancias netas anuales actualizadas es similar a la que obtenía el productor cuando actuaba como monopolista a partir del año en el que concluía el monopolio. Esto se deriva del hecho de que, una vez que el mercado ha sido abierto a la libre

⁸ Este proceso es similar al proceso de creación destructiva *schumpeteriano* recogido en trabajos como los de Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992 y 1998).

competencia, el precio de venta de la innovación debe ser el mismo para todas las empresas, ya que si no, las empresas que venden a un precio superior serían expulsadas del mercado.

En la expresión, aparecen, también, los costes de imitación derivados de aprender a fabricar el producto, representados por IMI_0 . Estos costes son debidos a que, cuando se empieza a fabricar por primera vez un producto que no ha sido desarrollado en la propia empresa, es necesario analizarlo y estudiar cómo llevar a cabo su proceso de producción. Además, habrá que realizar las inversiones en equipamiento necesarias y formar a los trabajadores. Los costes serán tanto mayores cuanto mayor sea la complejidad técnica del producto.

La imitación requiere, en muchos casos, un arduo esfuerzo técnico y no difiere en gran medida del propio proceso innovador, resultando el proceso de imitación costoso en términos de tiempo y dinero⁹. Se asumirá que los costes de imitación serán menores que los costes fijos iniciales de investigación y desarrollo del producto, esto es, $IMI_0 < C_0$. Hay que tener en cuenta que el valor de los costes de imitación ha sido actualizado suponiendo que se incurre en ellos en T_1 , justo antes de comenzar a fabricar el producto en el periodo T_1+1 .

Hay que apuntar que en el modelo se considera que los mecanismos legales de protección de los derechos de propiedad intelectual funcionan de manera eficiente, por lo que no existe la posibilidad de que el proceso de imitación se realice durante el proceso de explotación monopolística.

A partir de las ecuaciones (1) y (2), es posible hallar el diferencial de ganancias derivado de que un productor desarrolle una idea y la explote comercialmente en primer lugar, en vez de actuar como un seguidor e imitarla. Para ello, habrá que proceder a comparar ambas expresiones y calcular la brecha en las ganancias netas consecuencia de la realización de investigación propia, ΔG :

$$\begin{aligned} G_{IP} - G_{IA} &= \Delta G = \\ &= \sum_{i=1}^{T_1} [G_i \cdot (1+r)^{-i}] - C_0 + \sum_{j=T_1+1}^{T_2} [G_j \cdot (1+r)^{-j}] - \\ &- \sum_{j=T_1+1}^{T_2} [G_j \cdot (1+r)^{-j}] + IMI_0 \cdot (1+r)^{-T_1} = \\ &= \sum_{i=1}^{T_1} [G_i \cdot (1+r)^{-i}] - C_0 + IMI_0 \cdot (1+r)^{-T_1} \end{aligned} \quad (3)$$

Por tanto, se deriva que resultará rentable desarrollar investigación propia si se cumple que:

$$\begin{aligned} G_{IP} - G_{IA} > 0 &\Leftrightarrow \Delta G = \sum_{i=1}^{T_1} [G_i \cdot (1+r)^{-i}] - \\ &- C_0 + IMI_0 \cdot (1+r)^{-T_1} > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Esto es, si el valor actualizado de las ganancias adicionales fruto de la explotación del monopolio durante los T_1 primeros años, menos los costes iniciales de investigación y desarrollo, más el valor actualizado del ahorro generado como consecuencia de no tener que incurrir en el futuro en los costes de imitación del producto es mayor que cero.

2.2. Desarrollo del modelo

Una vez planteada la versión preliminar del modelo, se van a ir introduciendo una serie de elementos de análisis adicionales

⁹ Para un análisis de los costes de imitación en relación con los costes de innovación se puede acudir a Levin *et al.* (1984).

que permitan aproximarse más a la realidad. En primer lugar, se procede a rescribir la ecuación (3) en forma continua, quedando de la forma siguiente:

$$\begin{aligned}
 G_{IP} - G_{IA} = \Delta G &= \int_1^{T_1} G_t \cdot e^{-r \cdot t} dt - C_0 + \\
 &+ \int_{T_1+1}^{T_2} G_t \cdot e^{-r \cdot t} dt - \int_{T_1+1}^{T_2} G_t \cdot e^{-r \cdot t} dt + IMI_0 \cdot e^{-r \cdot T_1} = \\
 &= \int_1^{T_1} G_t \cdot e^{-r \cdot t} dt - C_0 + IMI_0 \cdot e^{-r \cdot T_1} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Además, en el modelo se va a pasar a tener en cuenta la obsolescencia de la tecnología. Esto es, se ha planteado que el ciclo de vida de las innovaciones llega hasta el periodo T_2 . Sin embargo, no es realista suponer que la demanda del producto es homogénea a lo largo de este ciclo, lo que afectará a las ganancias generadas anualmente. Así, cuando la innovación se acabe de producir, su demanda será elevada. Sin embargo, conforme vaya transcurriendo el tiempo, irán apareciendo otros productos sustitutivos que harán que la demanda disminuya, hasta que llegue un momento en el que la innovación se deje de demandar debido a que se ha quedado obsoleta.

Con el propósito de modelizar este efecto, se introduce una tasa de descuento, ρ , que cuantificará la reducción anual en la cifra de ganancias, consecuencia del proceso de obsolescencia de la innovación¹⁰. La tasa adoptará una forma exponencial, lo que indica que la reducción en las ganancias es, cada vez, mayor. Se puede pensar que, en cada periodo transcurrido, el nú-

mero de productos sustitutivos que aparecen en el mercado es superior, consecuencia de un proceso de innovación de tipo acumulativo, lo que provoca una reducción más significativa en la cifra de ganancias derivadas de la innovación¹¹. Así, se considerará que las ganancias anuales son iguales para todos los periodos $G_t = G$, aunque éstas variarán en función de ρ .

Introduciendo el concepto de obsolescencia de los descubrimientos, la ecuación (5) puede ser reformulada como:

$$\begin{aligned}
 G_{IP} - G_{IA} = \Delta G &= \\
 &= \int_1^{T_1} G \cdot e^{-r \cdot t} \cdot e^{-\rho \cdot t} dt - C_0 + \\
 &+ \int_{T_1+1}^{T_2} G \cdot e^{-r \cdot t} \cdot e^{-\rho \cdot t} dt - \\
 &- \int_{T_1+1}^{T_2} G \cdot e^{-r \cdot t} \cdot e^{-\rho \cdot t} dt + IMI_0 \cdot e^{-r \cdot T_1} = \\
 &= \int_1^{T_1} G \cdot e^{-r \cdot t} \cdot e^{-\rho \cdot t} dt - C_0 + IMI_0 \cdot e^{-r \cdot T_1} \quad (6)
 \end{aligned}$$

De modo que, se llevará a cabo investigación propia si:

$$\begin{aligned}
 G_{IP} - G_{IA} > 0 &\Leftrightarrow \Delta G = \int_1^{T_1} G \cdot e^{-(\rho+r)t} dt - \\
 &- C_0 + IMI_0 \cdot e^{-r \cdot T_1} > 0 \quad (7)
 \end{aligned}$$

Compensará invertir en investigación propia si las ganancias obtenidas son mayores que si se imita el producto desarrollado por otra empresa. Esto sucederá cuan-

¹⁰ La tasa de obsolescencia se podría asimilar a una tasa de crecimiento tecnológico, concepto ya recogido en trabajos anteriores, como el de Mankiw et al. (1992).

¹¹ Romer (1990) asume una externalidad por la cual el coste de inventar nuevos productos decrece con el número de productos inventados. De otro lado, Weitzman (1998) ofrece un análisis de cómo las nuevas ideas se pueden producir a través de la combinación de ideas ya desarrolladas.

do, el valor actualizado de las ganancias del monopolio, ahora decrecientes en cada periodo, menos los costes iniciales de investigación y desarrollo, más el valor actualizado del ahorro generado como consecuencia de no incurrir en los costes de imitación del producto sea mayor que cero.

En aras de una mayor simplicidad de la ecuación (7), se pueden expresar los costes de desarrollo del proyecto de investigación y los costes de imitación de la invención en función de las ganancias anuales:

$$C_0 = \lambda_1 \cdot G; \quad IMI_0 = \lambda_2 \cdot G \quad (8)$$

$$\text{Con } \lambda_1 > 0 \text{ y } \lambda_2 > 0$$

$$\Rightarrow IMI_0 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} C_0; \quad C_0 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} IMI_0 \quad (9)$$

El valor de λ_i dependerá de la complejidad de la innovación. Es razonable pensar que los costes de imitación del producto son menores que los costes de desarrollo.

A partir de la expresión (8), se puede reescribir la ecuación (7) como:

$$\begin{aligned} G_{IP} - G_{IA} > 0 &\Leftrightarrow \Delta G = \\ &= \int_1^{T_1} G \cdot e^{-(\rho+r)t} dt - \lambda_1 \cdot G + \lambda_2 \cdot G \cdot e^{-r \cdot T_1} = \\ &= \int_1^{T_1} G \cdot e^{-(\rho+r)t} dt - (\lambda_1 - \lambda_2 \cdot e^{-r \cdot T_1}) \cdot G > 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Resolviendo, queda:

$$\begin{aligned} G_{IP} - G_{IA} > 0 &\Leftrightarrow \Delta G = \\ &= \left[\frac{e^{-(r+\rho)} - e^{-(r+\rho)T_1}}{r + \rho} - (\lambda_1 - \lambda_2 \cdot e^{-r \cdot T_1}) \right] \cdot G > 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Para simplificar los cálculos, se supondrá que las ganancias anuales son iguales a una unidad monetaria. Esto es, con $G=1$ se tendrá:

$$\begin{aligned} G_{IP} - G_{IA} > 0 &\Leftrightarrow \Delta G = \frac{e^{-(r+\rho)} - e^{-(r+\rho)T_1}}{r + \rho} - \\ &- (\lambda_1 - \lambda_2 \cdot e^{-r \cdot T_1}) > 0 \end{aligned} \quad (12)$$

3. ESTÁTICA COMPARATIVA Y POLÍTICA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

3.1. Estática comparativa

El empresario tendrá tantos más incentivos a invertir en el desarrollo de nueva tecnología cuanto mayor sea ΔG . Sobre la base de la expresión (12), se puede estudiar de qué forma la variación en los parámetros contemplados influirá en la decisión que adopte el empresario de invertir en la creación de una nueva tecnología o actuar como seguidor. Así pues, se analizará cómo varía ΔG ante un cambio en el periodo de duración del monopolio, en la tasa de obsolescencia de la tecnología, en el tipo de interés, en la cuantía de los costes de desarrollo de la tecnología y en los costes de imitación. El análisis, como se verá, va a tener implicaciones importantes a la hora de diseñar las actuaciones de política económica.

Se tendrá en cuenta que:

$$T_1 > 0; \quad r > 0; \quad \rho > 0; \quad \rho_i > 0$$

Esto es, existe un periodo de explotación del descubrimiento en régimen de exclusividad (T_1), el tipo de interés (r) es positivo, existe una tasa de obsolescencia de la tecnología (ρ) que hace que las ganancias derivadas de su explotación se reduzcan con el tiempo y, para realizar el descubrimiento o imitarlo, hay que incurrir necesariamente en unos costes (ρ_i).

A) Consecuencias de una variación en el periodo de duración del monopolio, T_1 . Para observar los efectos de dicha variación, se obtiene la derivada de ΔG con respecto a T_1 .

$$\frac{d\Delta G}{dT_1} = e^{-r \cdot T_1} \cdot \left(e^{-T_1 \cdot \rho} - r \cdot \lambda_2 \right) \begin{cases} > \\ < \\ = \end{cases} 0 \quad (13)$$

El signo de esta derivada es indeterminado, y dependerá de los valores concretos que adopten los parámetros r , ρ y λ_2 , ya que, aunque un aumento en el periodo de explotación en exclusiva de los derechos de propiedad intelectual hace que se incrementen las ganancias acumuladas, también provoca que se reduzca el valor actualizado del ahorro generado por no incurrir en los costes de imitación. El primer efecto se impondrá hasta un determinado punto de inflexión dependiente del valor del resto de parámetros¹².

B) Consecuencias de una variación en la tasa de obsolescencia de la tecnología, ρ :

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta G}{d\rho} &= \dots \\ &= \frac{e^{-T_1 \cdot (r+\rho)} \left[1 + rT_1 + T_1\rho - e^{(-1+T_1) \cdot (r+\rho)} (1+r+\rho) \right]}{(r+\rho)^2} < 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Cuando aumenta la tasa de obsolescencia registrada por la tecnología patentada, se reducen los incentivos a invertir en investigación y desarrollo, ya que disminuye el valor de las ganancias acumuladas durante el régimen de monopolio.

C) Variaciones en el tipo de interés, r :

¹² Otros trabajos como los de Merges y Nelson (1994) plantean que el sistema de patentes puede tener un efecto limitador sobre la actividad innovadora, al desincentivar nuevos descubrimientos si su aplicación es demasiado estricta.

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta G}{dr} &= \frac{e^{-r \cdot T_1} \left[e^{-(1+T_1)\rho} \left(-e^{r(-1+T_1)+T_1\rho} (1+r+\rho) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + e^\rho (1+rT_1+T_1\rho) \right) - T_1 \cdot \lambda_2 (r+\rho)^2 \right]}{(r+\rho)^2} < 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Cuando se produce un aumento del tipo de interés, disminuyen las ganancias acumuladas actualizadas y se reduce el valor actualizado del ahorro generado por no incurrir en los costes de imitación, con lo que hay menos incentivos a patentar descubrimientos propios.

D) Cambios en la cuantía de los costes de desarrollo de la tecnología, λ_1 :

$$\frac{d\Delta G}{d\lambda_1} = -1 < 0 \quad (16)$$

Un aumento en los costes de investigación y desarrollo se traduce en una reducción del diferencial de ganancias, desincentivando la investigación.

E) Variaciones en la cuantía de los costes de imitación, λ_2 :

$$\frac{d\Delta G}{d\lambda_2} = e^{-r \cdot T_1} > 0 \quad (17)$$

Una elevación del importe que representan los costes de imitación repercutirá positivamente sobre los incentivos para desarrollar invenciones propias y patentarlas, ya que ello ahorra costes de imitación más elevados en el futuro.

De esta forma, incrementos en los costes de imitación o reducciones en el tipo de interés, en la tasa de obsolescencia de la tecnología y en los costes de investigación y desarrollo incentivarán la investigación en nuevas tecnologías. El efecto de una modificación del periodo de duración del monopolio es ambiguo.

3.2. Política de innovación tecnológica

La literatura económica justifica la intervención pública en materia tecnológica en base a las características diferenciales de este tipo de actividades y a los fallos de mercado asociados a las mismas. El origen de éstos se encuentra en la elevada incertidumbre y riesgo ligados a los procesos de innovación. Los emprendedores encuentran difícil acometer y financiar los altos costes que representan los proyectos de I+D, ya que el resultado a obtener es incierto, como también lo es la duración de la investigación y los beneficios asociados al descubrimiento; siempre condicionados a la posibilidad de que la competencia saque innovaciones similares. A todo esto, hay que añadir que las actividades de I+D presentan fuertes economías de escala que pueden dejar fuera del mercado a las empresas de menor tamaño. Además, en el caso de materializarse en resultados positivos, la explotación de la innovación aparece vinculada a la existencia de competencia imperfecta. Todo ello, unido a la importancia que la tecnología posee como factor de crecimiento y desarrollo, justifica la intervención gubernamental en materia tecnológica¹³.

La intervención de los gobiernos puede llevarse a cabo a través de la iniciativa investigadora de carácter público –especialmente vinculada a líneas de investigación de índole estratégica y a la realización de investigación básica– o bien mediante incentivos a la investigación y desarrollo que lleva a cabo el sector privado. Para lo último, el sector público cuenta con instrumentos varios, como son la salvaguarda de

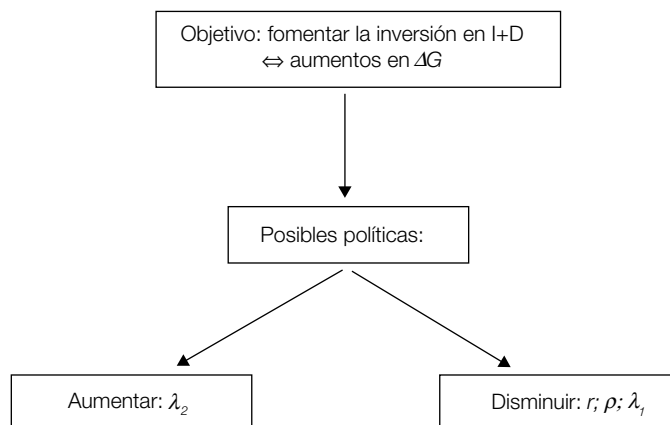
los derechos de propiedad intelectual e industrial, el desarrollo de infraestructuras relacionadas con la innovación, el trato preferente a las empresas innovadoras en las compras de material público o la concesión de subvenciones e incentivos fiscales.

Partiendo de esta base, se va a utilizar el modelo planteado para ver las posibilidades que se le plantean al sector público con el fin de potenciar las inversiones en investigación y desarrollo que lleva a cabo el sector privado, en detrimento de las actividades de imitación. Como ya hemos visto, estas actividades de imitación juegan un rol significativo en las primeras etapas de desarrollo económico. Sin embargo, a medida que una economía se aproxima a su frontera tecnológica, serán las actividades de generación de innovación las que más contribuyan al crecimiento, y la política económica más acertada pasará por fomentar este tipo de actividades frente a las imitativas¹⁴. Para ello, y siguiendo el modelo explicado, ΔG debería ser mayor que cero para cada inversión planteada. Esto es, tendría que existir un diferencial de ganancias a favor de la realización de investigación propia. Con este propósito, y a la vista de los resultados obtenidos en el apartado de estática comparativa, se podrían proponer una serie de medidas de política económica, sintetizadas en

¹³ Para un análisis de la intervención pública en materia tecnológica véase Scherer (1999, cap. 6) y Scotchmer (2004).

¹⁴ Perez-San Sebastián (2007) resalta la importancia que para el crecimiento de la productividad tiene la imitación de tecnología proveniente de otros países. Los procesos de imitación son la principal fuente de crecimiento de la productividad en las economías menos desarrolladas; aunque poseen una externalidad negativa, debido a la mayor congestión y a las cada vez menores oportunidades de imitación. En una etapa posterior, la innovación se acabará convirtiendo en motor del crecimiento, a medida que las economías se aproximen a su frontera tecnológica. Así, conforme una economía se desarrolla, se deben ir destinando una mayor proporción de recursos públicos a subsidiar actividades de innovación en detrimento de las de imitación.

Gráfico n.º 1

La política de innovación tecnológica

Fuente: Elaboración propia.

el gráfico n.º 1. En él se explica cómo se diseñarían las actuaciones gubernamentales en función de las variables analizadas: periodo de explotación del descubrimiento en régimen de exclusividad (T_1), tipo de interés (r), tasa de obsolescencia de la tecnología (ρ), costes de investigación y desarrollo (λ_1) y costes de imitación (λ_2).

Medidas que conlleven aumentos en los costes de imitación (λ_2) o disminuciones en tipos de interés (r), tasa de obsolescencia de la tecnología (ρ) o costes de desarrollo (λ_1) redundarán en incentivar la innovación.

Como se ha explicado, el efecto de un aumento en el periodo de explotación de la patente (T_1) será positivo sólo hasta un determinado punto, dependiente del valor del resto de parámetros. A partir de éste, primará el efecto de la reducción en el valor

actualizado del ahorro generado por no incurrir en los costes de imitación.

Las políticas de actuación más factibles que se derivarían del modelo planteado y los supuestos asumidos pasarían por el uso de los instrumentos que ofrecen la política monetaria y fiscal. Reducciones en el tipo de interés conducirían a mayores incentivos a realizar innovación. Esto es debido a un aumento, por un lado, en el valor actualizado de las ganancias y, por otro, en el valor actualizado del ahorro generado por no incurrir en los costes de imitación. O, desde otra perspectiva, a un menor coste de oportunidad que tiene la utilización de recursos para investigación. Con todo, cabe señalar que es difícil suponer que hoy en día el diseño de la política monetaria tenga como propósito prioritario incentivar las actividades de I+D. Como es bien conocido, su objetivo fundamental es el control de precios. Con

todo, el estímulo del crecimiento también es tenido en cuenta por los bancos centrales a la hora de diseñar la política monetaria, y es aquí donde se deberían tener presentes los efectos que los tipos tienen sobre la actividad innovadora, al ser uno de los principales factores de crecimiento.

La política fiscal a aplicar pasaría por reducir los costes de investigación y desarrollo¹⁵. El procedimiento más habitual consiste en la introducción de un subsidio o una desgravación fiscal. Así, muchos países se dedican a subsidiar gastos en investigación y desarrollo, sobre todo en sectores que pueden generar una ventaja competitiva a escala internacional (¹⁶). En cuanto al uso de desgravaciones fiscales, uno de los métodos más habitualmente utilizados consiste en permitir la depreciación acelerada de los bienes de equipo, lo que posibilita aumentar las ventas y las ganancias de las empresas que proveen bienes de capital, incentivándolas a invertir en investigación y desarrollo. A esto hay que añadir que, en ocasiones, se permite imputar los gastos de I+D como gastos corrientes, a pesar de que éstos se suelen repartir en varios periodos. Además, muchas naciones conceden ventajas fiscales explícitas, como por ejemplo la posibilidad de amplias deducciones asociadas a los gastos de

I+D. Otra política muy frecuente consiste en reducir los costes financieros mediante la concesión de créditos a la innovación en condiciones favorables. Por último, las diferencias de gravamen existentes entre las ganancias de capital y otro tipo de rentas pueden suponer, también, incentivos a la hora de invertir en capital, con las consiguientes consecuencias sobre la financiación de la actividad innovadora. Esta cuestión es especialmente relevante en el caso de las sociedades de capital riesgo y las empresas de alta tecnología.

4. CONCLUSIONES

En el trabajo se ha elaborado un modelo que explica qué factores determinan que un productor decida invertir recursos en el desarrollo de innovaciones propias, en vez de decantarse por imitar las innovaciones creadas por otros empresarios y venderlas una vez que el régimen legal se lo permita. La decisión que adopte estará en función del diferencial de ganancias que proporcionen las dos alternativas. Este diferencial dependerá de los ingresos generados anualmente por el producto inventado, del periodo de duración del monopolio legal que permite al descubridor explotar la innovación en régimen de exclusividad, de la tasa de obsolescencia de la tecnología, del tipo de interés, de los costes de investigación y desarrollo y de los costes de imitación.

La estática comparativa revela que incrementos en los costes de imitación o reducciones en el tipo de interés, en la tasa de obsolescencia de la tecnología y en los costes de investigación y desarrollo incentivarán la investigación en nuevas tecnologías. El efecto de una modificación del periodo de duración del monopolio es ambiguo.

¹⁵ Para un análisis detallado de las consecuencias de la política fiscal sobre la inversión en I+D, se puede consultar Mansfield (1985), Hall (1993) y OCDE (1996). Mucho más escasas son las referencias que tratan el sistema de incentivos públicos en presencia de imitadores y cómo estos pueden tener efectos cruzados sobre las actividades de innovación e imitación. Los trabajos de Segerstrom (1991), Walz (1995) y Cheng and Tao (1999) constituyen valiosas aportaciones.

¹⁶ Por supuesto que existe el peligro de que tales subsidios puedan llegar a crear distorsiones en el comercio. Con el propósito de frenar el riesgo derivado de una subsidiarización excesiva por parte de algunos gobiernos, la Ronda Uruguay firmada en Marrakech en 1994 imponía limitaciones a la política de subsidios en investigación y desarrollo. Dichas limitaciones dependían del tipo de investigación financiada.

Sobre esta base, el gobierno podrá diseñar la política de innovación tecnológica, interviniendo a través de la utilización de los instrumentos que ofrecen la política monetaria y fiscal:

- a) Mediante la actuación sobre los tipos de interés, que afectarán al valor actualizado de las ganancias generadas por

la explotación de la innovación en régimen de monopolio y al valor actualizado del ahorro generado por no incurrir en los costes de imitación.

- b) Por medio del establecimiento de subsidios y desgravaciones fiscales, que incidirán sobre los costes de investigación y desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGHION, P. Y P. HOWITT (1992): «A model of growth through creative destruction». *Econometrica*, 60(2): 323-51, marzo.
- 1998: *Endogenous growth theory*. MIT Press. Cambridge, MA.
- CHENG, L.K. Y Z. TAO (1999): «The impact of public policies on innovation and imitation: the role of R&D technology in growth models». *International Economic Review*, 40, 1: 187-207.
- COHEN, W.M., R.R. NELSON, Y J.P. WALSH (2000): «Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why Firms Patent and Why They Do Not in the American Manufacturing Sector». NBER Working Paper 7552, febrero.
- GIMÉNEZ, G. (2006): «Investment in new technology: Modelling the decision process». *Technovation*, Volume 26, 3: 345-350.
- GROSSMAN, G. Y E. HELPMAN (1991): *Innovation and growth in the global economy*. MIT Press. Cambridge, MA.
- HALL, B.H. (1993): «R&D tax policy during the eighties: success or failure?» en JAMES M. Poterba ed., *Tax policy and the economy*, 7, 1-35. MIT Press. Cambridge, MA.
- HELPMAN, E. (2007): *El misterio del crecimiento económico*. Antoni Bosch. Barcelona.
- KAUFER, E. (1988): *The economics of the patent system*. Harwood Academic Publishers. Chur, Switzerland.
- LEVIN, R.C., A. KLEVORICK, R.R. NELSON Y S. WINTER (1984): *Survey research on R&D appropriability and technological opportunity. Part I: Appropriability*. Yale University Press. New Haven, CT.
- 1987: «Appropriating the returns from industrial research and development». *Brookings Papers on Economic Activity*, 18, 3: 783-820.
- MANKIW, N.G., D. ROMER Y D.N. WEIL (1992): «A Contribution to the Empirics of Economic Growth». *Quarterly Journal of economics*, 107: 407-437, mayo.
- MANSFIELD, E. (1968): *Industrial research and technological innovation: An econometric analysis*. Norton, New York.
- 1985: *Studies of tax policy, innovation, and patents: A final report*. Division of Policy Analysis and Research, National Science Foundation. Washington, D.C.
- MANSFIELD, E., M. SCHWARTZ Y S. WAGNER (1981): «Imitation costs and patents: an empirical study». *Economic Journal*, 91: 907-918.
- MERGES, R. Y NELSON, R.R. (1994): «On limiting or encouraging rivalry in technological progress: the effect of patent-scope decisions». *Journal of Economic Behavior and Organization*, 25:1-24.
- MUKOYAMA, T. (2003): «Innovation, imitation, and growth with cumulative technology». *Journal of Monetary Economics*, 50: 361-380.
- NORTH, D. (1981): *Structure and change in economic history*. Norton. New York.
- OCDE (1996): *Fiscal measures to promote R&D and innovation*. DSTI report brief OCDE/GD(96)165. Paris.
- PEREZ-SAN SEBASTIÁN, F. (2007): «Public support to innovation and imitation in a non-scale growth model». *Journal of Economic Dynamics & Control*, 31: 3791-3821
- ROMER, P. (1986): «Increasing returns and long-run growth». *Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-37, octubre.
- 1990: «Endogenous technological change». *Journal of Political Economy*, 98,5.2: S71-S102, octubre
- SCHERER, F.M. (1999): *New perspectives on economic growth and technological innovation*. Brookings Institution Press. Washington D. C.
- SCOTCHMER, S. (2004): *Innovation and Incentives*. The MIT Press. Cambridge, MA.
- SEGERSTROM, P.S. (1991): «Innovation, Imitation, and Economic Growth». *Journal of Political Economy*, 99: 807-827.
- SOHN, S.J. (2008): «The two contrary effects of imitation». *Economic Modelling*, 25: 75-82.
- WALZ, U. (1995): «Endogenous innovation and imitation in a model of equilibrium growth». *European Journal of Political Economy*, 11: 709-723.
- WEITZMAN, M.L. (1998): «Recombinant Growth». *Quarterly Journal of Economics*, 113, 2: 331-60.
- WRIGHT, B. (1983): «The economist of invention incentives», *American Economic Review*, 73: 691-707, septiembre.