

LA INVERSIÓN EN I + D + I Y SU VINCULACIÓN CON LA RENTA:
FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
DE LAS ECONOMÍAS EUROPEAS

*INVESTMENT IN R&D AND ITS LINK WITH INCOME: THEORY AND
INQUIRY ABOUT THE BEHAVIOUR OF THE EUROPEAN ECONOMIES*

Irene Albarrán Lozano
Universidad Carlos III de Madrid
ialbarra@est-econ.uc3m.es

Pablo Alonso González
Universidad de Alcalá
pablo.alonsog@uah.es

Antonio Martínez González
Universidad Rey Juan Carlos
antonio.martinez@urjc.es

Recibido: octubre de 2008; aceptado: junio de 2009

RESUMEN

Vivimos en un tiempo caracterizado por una profunda transformación tecnológica dentro de economías que operan a escala global. En este contexto, la innovación aparece como un factor clave para la mejora de las condiciones productivas de un sistema económico, que en el caso europeo, es fundamental para mejorar la competitividad de las economías de la zona.

Este trabajo indaga sobre la vinculación entre gasto en innovación y nivel de renta en quince países europeos, estudiándose la existencia de grupos de naciones que presentan pautas similares de gasto en I + D + i. Para ello, se han utilizado tanto el análisis de correlaciones como el *quick cluster*.

Palabras clave: I + D + i; Crecimiento económico; Productividad; Competitividad.

ABSTRACT

We are living a time in which the economies are operating on a global scale and are affected by an intense technological change. In this context, innovation emerges as a key factor to enhance the productivity in the economic systems. This variable becomes fundamental for increasing the competitiveness of European economies.

This paper inquires into the link between investment in innovation and income level in 15 European countries, not only studying each of them, but also trying to find groups with similar spending patterns of behaviour. It has been taken into account variables such as the level and composition of R&D outlays, the proportion of this investment into the GDP and how much of it is spent by Public Sector. Correlation analysis and quick cluster have been the statistical tools used to undertake this task.

Keywords: R&D and Innovation; Economic Growth; Productivity; Competitiveness.

Clasificación JEL: E23, O03, O04, O05.



INTRODUCCIÓN¹.

Parece incuestionable que la inversión en innovación lleva aparejada una mejora en la productividad de los factores productivos y con ello, una elevación del producto, la renta y el bienestar social. No obstante, es necesario matizar dicha afirmación pues el efecto final de los recursos dedicados a tal fin no es igual en toda circunstancia, pues dependerá de factores tales como la inversión previamente realizada, la composición de la misma y la estructura productiva sobre la cual va a incidir ese gasto en innovación (Lucas, 1988; Romer, 1990). Por ello, puede ser oportuno cuestionarse por el grado de vinculación entre el nivel de producto final, generalmente medido por el PIB o alguna variable relacionada con él, y el volumen, composición y agentes realizadores de la inversión en I+D+i. El objetivo de este trabajo es precisamente ése, evaluar la interrelación que pueda existir entre las citadas variables para un conjunto de países que, aunque pertenecen a una misma zona económica, tienen diferentes características. Para ello se va a combinar el análisis de correlaciones con el quick cluster, pues aun cuando se acepte que está tratando con países diferentes, sería interesante saber si entre ellos se dan pautas de comportamiento que permitan agruparlos en bloques estadísticamente homogéneos.

El análisis metodológico en relación al proceso de cambio que sobre el conjunto de la economía induce el fenómeno de la I+D+i, ha permitido apreciar sus efectos positivos sobre los procesos productivos como consecuencia de la mejora de sus rendimientos. De ahí la importancia indudable de poder descifrar los mecanismos por los cuales los avances en materia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación inciden sobre el sistema económico en general, y el proceso productivo en particular. Una posible respuesta a esta pregunta reside en el hecho de que el fenómeno de la I+D+i posee una naturaleza económica de carácter intangible, frente a la material de los factores productivos clásicos. Esta particularidad claramente discriminadora permite establecer la condición que identifica a unos factores

¹ Este trabajo se ha realizado bajo el programa de investigación contenido en el proyecto 02/06, concedido por el Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado.

frente a otros como bienes económicos de naturaleza diferenciada. Mientras que en el caso de la I+D+i su naturaleza económica es “no rival”, en el caso del capital físico y humano estaríamos tratando con bienes económicos de naturaleza “rival”.

Esta condición propia de la naturaleza económica de la I+D+i ha hecho que el análisis económico concediera una especial importancia, por un lado, a todo lo relacionado con su transferencia y difusión tanto en el entorno empresarial como entre los países, y por otro, a la problemática derivada de identificar las herramientas disponibles para impedir su empleo por parte de aquellos que no han participado en su desarrollo y obtención. En este sentido, la otra característica de la naturaleza de la I+D+i que ha suscitado el interés de los estudiosos de la ciencia económica, ha sido el cómo controlar su uso en exclusiva. Es decir, se trata de determinar, mediante mecanismos de mercado, su empleo y utilización por parte de los potenciales usuarios. Nuevamente aquí, como sucedía en el caso de la condición de rivalidad, los factores de producción tradicionales como el capital humano y físico son fácilmente excluibles dentro de un mecanismo de precios que regulen el mercado, pero en el caso de la I+D+i su propia naturaleza derivada de su intangibilidad dificulta su control económico a través de un mecanismo de asignación de precios, favoreciendo la aparición de “*free riders*”, y por lo tanto, alterando la libre competencia en el seno de los mercados. El principal problema derivado de esta condición es el de introducir un factor desequilibrador del proceso de cambio y mejora tecnológica, al reducir los incentivos económicos para su creación y desarrollo, tal y como sugiere Romer (1990).

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS ESCUELAS DE PENSAMIENTO ECONÓMICO: LA VISIÓN NEOCLÁSICA.

La interrelación existente entre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, y la transformación y desarrollo de los procesos de mercado en relación al crecimiento económico ha sido objeto de interés para los estudiosos de la economía desde que ésta comenzó a sentar sus bases como sistema metodológico de análisis científico –Grupp (1998) y Nieto (2003)–.

De entre los múltiples factores capaces de condicionar el fenómeno del crecimiento económico, el progreso tecnológico y la acumulación de conocimientos han sido considerados como los dos más determinantes. El propio Adam Smith (1776) ya había identificado un mecanismo endógeno de determinación del desarrollo económico basado en la interacción dinámica de tres elementos fundamentales: el progreso de los conocimientos, la especialización o división del trabajo, y la ampliación de los mercados. En la visión de Adam Smith, el desarrollo económico era el resultado de un círculo

virtuoso, en el que el motor estaba representado por los conocimientos, el libre intercambio, y la competencia dinámica. A su vez, J.S. Mill (1848) observó que la principal característica del progreso residía en el continuo y aparentemente ilimitado dominio del hombre sobre la naturaleza, un dominio que le llevaría a aumentar de manera constante la productividad del factor trabajo. El interés suscitado por el estudio de la interacción entre progreso técnico y su incidencia en los procesos de mercado, sufrió un cierto declive durante la primera mitad del siglo XIX, volviendo a retomar un impulso renovado e imparable en los años posteriores al final de la Segunda Guerra Mundial.

Los enfoques analíticos que han centrado el análisis en relación con la contribución del proceso de progreso y cambio tecnológico y el crecimiento económico han sido básicamente dos. Por un lado, el dedicado a la cuantificación del fenómeno tecnológico y su incidencia en el aumento de la productividad de los factores de producción a largo plazo, y por el otro el dedicado a estudiar la proporción en que las nuevas invenciones, una vez desarrolladas, se difunden en el sistema económico, ora considerando que éstas ejercen sus efectos sobre la productividad, ora considerándolas como fuente de oportunidades para la creación de empresas, tal y como sugieren Cáceres y Aceytuno (2006).

Fue Joseph Schumpeter (1943), quien marcó el nuevo comienzo de una fuerte corriente dentro de la teoría económica, al analizar específicamente la compleja interacción entre el proceso tecnológico-innovador y la estructura industrial. En su modelo, las transformaciones derivadas del cambio tecnológico, entendidas éstas como externas al conjunto de factores que interactuaban en el proceso productivo, representaban un factor de estímulo de las inversiones, mientras que las variaciones que éstas inducían en el proceso daban lugar a inestabilidades de carácter cíclico. Este complejo conjunto de factores en interacción y transformación continua según un bucle de creación y reemplazo de lo anteriormente desarrollado, es lo que Schumpeter calificó como “proceso de destrucción creativa” y que para él representaba el factor aglutinante del capitalismo.

Desde un punto de vista cronológico, el origen de la teoría moderna del crecimiento se puede remontar al artículo seminal de Ramsey (1928) sobre el consumo intertemporal, al que prácticamente no se le concedió importancia alguna hasta finales de los años 60. Posteriormente, Harrod (1939) y Domar (1946) intentaron integrar el análisis keynesiano con elementos de crecimiento económico. A mediados de los años 50, comenzó a resultar evidente en la mayor parte de los países de la OCDE, que el crecimiento económico a largo plazo se había desarrollado a tasas superiores a las que podían explicarse por el empleo de distintas proporciones de capital físico. Más bien, este crecimiento se logró en términos de aprendizaje en el uso de dicho capital de un modo más productivo. Esta constatación dio un nuevo impulso al interés por el estudio del fenómeno tecnológico y sus efectos e implicaciones en la mejora de la productividad.

Las contribuciones más importantes de este periodo correspondieron a Solow (1956) y Swan (1956). El núcleo central del modelo Solow-Swan reside en la forma neoclásica de la función de producción, en la que se asumen rendimientos de escala constantes y rendimientos decrecientes de los factores clásicos de producción. Esta función de producción se combina con una propensión al ahorro constante en el tiempo de naturaleza exógena. Las principales conclusiones que alcanza el modelo son que el crecimiento a corto plazo se ve condicionado por las dinámicas de acumulación del *cá*pital. En cambio, a largo plazo los rendimientos decrecientes no permiten que el *cá*pital sustente el crecimiento, y por lo tanto dependerá exclusivamente del progreso tecnológico y del crecimiento de la fuerza de trabajo.

En este periodo, Kaldor (1957) establece una distinción entre el incremento de la productividad consecuencia de la acumulación de *cá*pital y el derivado de la innovación técnica. Si bien ambas variables están claramente relacionadas entre sí, en caso de no introducirse nuevas técnicas e innovaciones en la función de producción, la tasa de acumulación de *cá*pital en la economía resulta limitada, pero la capacidad de absorción y utilización de nuevas técnicas está también condicionada por las posibilidades de acumulación de *cá*pital. Durante este periodo, Griliches (1957, 1960) consigue explicar el fenómeno de la difusión tecnológica basándose en la expectativa de beneficios como resultado del tamaño del mercado. Kaldor y Mirlees (1962) consideraban el progreso técnico como el motor principal del crecimiento económico. La principal seña de identidad de la corriente de economistas que desarrollaron el estudio económico del proceso de cambio tecnológico desde el enfoque de las teorías neoclásicas era la de considerar dicho fenómeno como un factor externo al proceso productivo.

La situación de bloqueo de la teoría del crecimiento conllevó posteriormente el desarrollo de nuevas aportaciones teóricas. Cass (1965) y Koopmans (1965) retomaron el trabajo de Ramsey, proponiendo modelos de crecimiento en los que la propensión a ahorrar no era un factor exógeno, sino el resultado de las decisiones optimizadoras de los consumidores. No obstante, aún introduciendo elementos de mayor complejidad con relación a los primeros modelos, la naturaleza endógena del ahorro no explicó el problema de la estrecha dependencia del crecimiento a largo plazo del progreso tecnológico exógeno.

Shell (1966, 1967), Phelps (1966) y Nordhaus (1969) se encuentran entre los primeros autores en considerar la tecnología como un bien producido directamente por los mercados. Tomando distintos caminos, sus estudios deducen las cantidades de recursos que es necesario destinar a la investigación para conseguir una senda de crecimiento óptimo. Como consecuencia de la naturaleza del conocimiento como bien público, una economía de mercado será incapaz de producir innovaciones, dado que el coste marginal de su explotación, una vez puestas en manos del público, es nulo. Desde este enfoque, la contribución de Shell explica claramente cómo el modelo de crecimiento

neoclásico en competencia perfecta necesita de la intervención directa de los mercados públicos en la dinamización del proceso de progreso tecnológico. Las contribuciones de Nordhaus (1969) y Shell (1973) demuestran, en cambio, que la producción de innovaciones a través del sistema de mercado requiere sustituir la competencia perfecta por el monopolio.

Un primer intento por superar los problemas relacionados con los rendimientos marginales del *c*apital y proporcionar una primera explicación al crecimiento a largo plazo que no dependiera de parámetros exógenos, se dio en los trabajos de Arrow (1962a) y Romer (1986). En sus modelos, el progreso tecnológico exógeno se acompaña con un mecanismo de difusión de los conocimientos, directamente relacionado con la producción y las inversiones. Según dicho mecanismo, conocido como "*learning by doing*", durante el proceso de acumulación del *c*apital, las empresas aprenden a producir de forma más eficiente, con lo que se consigue aumentar la productividad del *c*apital, y superar la dificultad de los rendimientos decrecientes.

Comienzan así a abrirse paso los primeros modelos de crecimiento endógeno. Junto con los que se basan en la hipótesis del *learning-by-doing*, se proponen otros en los que el crecimiento a largo plazo se explica no sólo a través de la acumulación de *c*apital físico, sino también a través de la inversión de parte de los recursos en *c*apital humano. Uno de los factores fundamentales en los procesos de crecimiento es por lo tanto la acumulación de conocimientos, bien no rival y no excluible, es decir con las características propias de un bien público. El modelo de Uzawa (1965) plantea que la innovación está representada por la acumulación de *c*apital humano, y el nivel tecnológico coincide con el stock de dicho *c*apital. El modelo de Lucas (1988), analiza la acumulación de *c*apital humano, que puede considerarse como la incorporación de los conocimientos a la fuerza de trabajo. En este planteamiento, la acumulación de *c*apital humano depende tanto del momento como de los recursos que se dedican a dichas actividades por parte de los individuos. A pesar de estos avances teóricos, el progreso tecnológico seguía sin explicarse.

1.2. APROXIMACIÓN SISTÉMICA AL ESTUDIO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.

Durante los años 80, en contraposición a la corriente dominante neoclásica, se busca una teoría alternativa orientada a analizar el papel desempeñado por el cambio tecnológico en los comportamientos macroeconómicos, en los procesos ligados a los cambios estructurales y en las transformaciones de los propios sistemas económicos (Dosi y Nelson, 1998). Los cambios en el proceso económico son generados por las innovaciones (Nelson y Winter, 1982; Freeman, 1994) y se deben al carácter evolutivo y cambiante del *c*apitalismo. La tecnología no debe percibirse sólo como información, tal y como la interpretan los autores neoclásicos, sino como conocimiento tecnológico (Freeman, 1975, 1988), producido a través de un proceso de aprendizaje que posee un carácter acumulativo y que es dirigido e influenciado por la experiencia. La

tecnología como conocimiento es el recurso más importante en la economía moderna, y el aprendizaje es el proceso más destacable de la misma (Lundvall, 1992, 1998). De ahí que la innovación también es fruto de ese proceso de aprendizaje, lo que la transforma en un fenómeno complejo, de éxito incierto, y caracterizado por la interacción entre múltiples sujetos. Así pues, frente a la postura del paradigma neoclásico que entendía el crecimiento económico como un proceso de carácter unidimensional, surge un nuevo enfoque que concibe el cambio tecnológico como un proceso endógeno, multidimensional y sistemático, basado en interacciones con efectos acumulativos (Dosi et ál. 1988).

Nace así la idea del sistema nacional de innovación, es decir un conjunto de factores económicos y sociales interrelacionados entre sí, que contribuyen a determinar el comportamiento innovador de las empresas. En contraposición a los planteamientos tradicionales, que se limitan a identificar en la investigación y el desarrollo el único impulsor del cambio tecnológico, los sistemas de innovación evidencian la contribución a dicho cambio de actividades externas a la I+D+i. Así pues, el *learning-by-doing* se verá acompañado por el *learning-by-using*, por el cual se producirá un aumento de la eficiencia a través del uso de sistemas complejos, y finalmente el *learning-by-interacting*, donde la mejora será consecuencia de la interacción de productores y consumidores (Lundvall, 1988). Se trata pues de procesos de aprendizaje que involucran sujetos y actores distintos que participan en diferentes actividades económicas.

Los modelos de innovación horizontal, cuyas primeras contribuciones se deben a Romer (1987, 1990), y Grossman y Helpman (1991), justifican la innovación a través del aumento de la diversidad existente de bienes intermedios o bienes de consumo. La innovación consiste en la introducción de un nuevo bien que tiene la misma productividad –o que proporciona la misma contribución a la utilidad de los consumidores– que los bienes introducidos previamente en el mercado, de los que es un sustitutivo imperfecto. Este planteamiento debería plasmar la idea de que posibles mejoras de la productividad son consecuencia de la especialización, o en el caso de los bienes de consumo, de la preferencia por la multiplicidad de opciones.

Por lo que se refiere a los modelos de innovación vertical, la innovación consiste en la introducción de bienes de la misma tipología que los ya existentes, pero de productividad o calidad superior. Los primeros modelos (Anant, Dinopoulos y Segerstrom, 1990; Grossman y Helpman 1991; Aghion y Howitt, 1992) plantean que el número de bienes distintos en la economía es constante, pero la productividad de cada tipo puede ser mejorada de manera continua. El bien introducido mediante una innovación es un sustituto perfecto de los bienes de calidad inferior pertenecientes a la misma categoría de bienes. Con ello se consigue que algunos bienes se queden obsoletos como consecuencia del progreso tecnológico.

Algunos de los resultados derivados para modelos de crecimiento endógeno se basan en modelos de organización industrial, como Dixit y Stiglitz (1977),

en los que el mercado es ocupado por un único monopolista y la investigación tiene lugar sólo en el exterior de dicho mercado con la intención de sustituirlo. En este contexto, los únicos beneficios relevantes de cara a incentivar la innovación son los que el monopolista consigue después de introducir una innovación en el mercado.

La reciente literatura neo-schumpeteriana (Aghion, Harris y Vickers, 1997; Aghion, Bloom, Blundell, Griffith y Howitt, 2005; Aghion, Howitt, y Mayer-Foulkes, 2005) ha adoptado la noción de distancia a la frontera tecnológica para evaluar la oportunidad de políticas alternativas de innovación. La idea básica estriba en que la frontera tecnológica mundial crece exógenamente a una tasa exógena dada. En cada país la innovación puede tomar dos formas: la de mejorar la tecnología existente con anterioridad, lo que conlleva un desplazamiento hacia delante de la frontera tecnológica, o la de alcanzar la frontera tecnológica ya existente. En este sentido, Gerschenkron (1962) ilustra claramente la idea de la "ventaja del retraso": cuanto mayor es la distancia a la frontera, mayor es la posibilidad de crecimiento con la simple aplicación de técnicas de producción ya existentes.

Por lo general, en la literatura económica el gasto en I+D+i se utiliza como variable proxy del impacto de la innovación tecnológica, aunque la definición formal de desarrollo tecnológico suele ser más amplia. Tal y como se ha venido señalando, las inversiones en I+D+i fomentan el crecimiento económico y dinamizan la productividad. El flujo tecnológico-innovador representa un factor determinante de cara al impulso de los rendimientos crecientes a largo plazo. Desde el enfoque empírico, existe una amplia literatura que valora la relación entre I+D+i y desarrollo económico utilizando la nueva teoría del crecimiento. En la mayor parte de los estudios se encuentra una fuerte correlación positiva entre la inversión en I+D+i y la producción, tal y como sugiere Cameron (1998). En la mayor parte de los estudios también se encuentra otra importante correlación entre I+D+i y el aumento de la productividad.

A pesar de que un importante número de trabajos consideran que la aportación de la I+D+i al crecimiento económico es fundamental, se observa que no siempre es así. De forma global, no todos los resultados ofrecen pruebas que permitan establecer de manera inequívoca una correlación positiva entre innovación y beneficios, así como entre innovación y productividad, como sugieren Jones y Williams (2000), al observar que una economía de libre mercado a menudo no alcanza un nivel suficiente de inversiones en I+D+i, y que el nivel socialmente óptimo es significativamente más alto de lo que implicaría la libre competencia.

Algunos estudios para distintos países indican que la inversión en I+D+i influye de forma positiva en la productividad total de los factores. Coe, Helpman y Hoffmaister (1995) han demostrado que para países más grandes los efectos de la inversión en I+D+i sobre la producción son significativos, actuando sobre el conjunto de la economía de manera similar a como lo hacen las inversiones extranjeras en I+D+i. Griliches (1988) y Nadiri (1993) sugieren

que el proceso de producción y el crecimiento de la productividad de un país dependen de las inversiones corrientes y pasadas en actividades de I+D+i.

Los resultados sobre el papel de la I+D+i en el crecimiento económico siguen mostrando una cierta ambigüedad. Por ejemplo, Jones y Williams (2000) mantienen que el aumento de la productividad total de los factores es básicamente atribuible a las inversiones en tecnología. Sin embargo, Comin (2004) ha encontrado que la contribución de la innovación a la productividad total de los factores no es tan determinante como indican otros autores. Para él, el valor de los recursos asignados a la I+D+i iguala al valor de las tecnologías obtenidas, de manera que, mientras que las inversiones en I+D+i pueden generar importantes externalidades si se realiza un descubrimiento, el valor de la I+D+i sigue siendo sorprendentemente reducido. Finalmente, Comin hace hincapié en el papel de otras formas de innovación que conducen a un aumento de la productividad, como los cambios tecnológicos, organizativos y de gestión, y el aprendizaje a partir de la experiencia.

1.3. EFECTOS DE LA INVERSIÓN PÚBLICA EN I+D+i.

Muchos investigadores suelen apoyar la afirmación de que el nivel socialmente óptimo de inversiones en tecnología debería ser más elevado que el que en realidad se lleva a cabo (Jones y Williams, 2000). Ello implica que los mercados públicos deberían apoyar más ampliamente este tipo de inversiones realizadas por las empresas y/o aumentar la financiación de la I+D+i pública llevada a cabo por universidades e institutos de investigación. Un sólido sistema educativo parece ser uno de los factores clave para fomentar el progreso técnico de un país, razón por la que la investigación universitaria suele recibir un fuerte respaldo en casi todas las políticas públicas (Etzkovitz, 2006).

Las políticas industriales de los gobiernos apoyan las inversiones empresariales para recursos destinados a la producción de innovaciones y nuevos descubrimientos técnicos y científicos, con el fin de mejorar la competitividad nacional. De hecho, la investigación produce sus efectos a través de dos formas de innovación: la mejora de la productividad de los factores (Bartelsman y Doms, 2000) y la mejora de la calidad de los productos que aumentan la demanda agregada, como consecuencia de la caída de costes y precios, y por lo tanto el crecimiento del sistema económico.

Además, el aumento de la producción científica y de las innovaciones depende de un eficiente sistema nacional de innovación (Lundvall, 1992; Patel y Pavitt, 1994) adecuadamente financiado, y de la interacción de la Triple Hélice –universidad, gobierno y empresa– (Etzkowitz, 2006). Los gobiernos, por lo tanto, tienen que decidir cuánto y cómo invertir en I+D+i para fomentar la producción de innovaciones y la transferencia tecnológica.

Muchos han sido los estudios econométricos que han intentado constatar si la inversión pública en I+D+i es un complemento o un sustituto de la inversión

privada (Blank y Stigler, 1957), pero a pesar de la extensa literatura científica en la materia, los resultados obtenidos han sido ambiguos. Conocer la relación entre la financiación pública y privada de la I+D+i es importante, puesto que en caso de complementariedad entre los dos tipos de inversiones, existe una justificación para subvencionar las inversiones privadas de I+D+i a costa de la colectividad que paga los impuestos. Si por el contrario, entre las inversiones públicas y privadas existiera un efecto sustitución, entonces resultaría muy difícil justificar dicho gasto a costa de la sociedad. Los que están a favor de la financiación pública de la I+D+i alegan que las ayudas públicas son imprescindibles, ya que, en caso contrario, las empresas dimensionarían a la baja su gasto en I+D+i. Por otro lado, los que se oponen se preguntan si dichas subvenciones se pueden realizar sin suponer al mismo tiempo importantes distorsiones de otros aspectos de la actividad económica –Griffith (2000)–. Así pues, es posible que las inversiones públicas en I+D+i expulsen a la privadas.

Puesto que los objetivos de los gobiernos son los de crear las condiciones para generar crecimiento económico tanto a través de la asignación de los recursos públicos de I+D+i, así como a través de políticas que estimulen la producción de investigación de base y aplicada en los centros de investigación públicos y privados, el análisis de estos aspectos no puede prescindir de una teoría de las elecciones en materia de inversiones públicas y privadas en I+D+i. Metcalfe (1994) identifica dos posibles razones de las inversiones públicas de I+D+i. La primera considera la investigación científica como un producto cultural de consumo que educa a la sociedad. La segunda razón a favor de la financiación pública del I+D+i, aceptada por el Estado, se basa en una visión instrumental, según la cual la ciencia es una inversión que genera, a través del progreso técnico, un retorno compensatorio en términos de riqueza económica nacional y una mejora de la calidad de vida de la sociedad. La tasa social de rendimiento de la I+D+i es igual a la tasa de interés que la sociedad obtiene de dichas inversiones (Griliches, 1958). La financiación pública del I+D+i puede tener un impacto directo en los resultados económicos de las empresas, y también puede contribuir indirectamente a estimular los gastos privados de I+D+i, generando así un beneficio social en forma de nuevos conocimientos y spillovers. Además, la racionalidad del agente público a la hora de invertir y subvencionar la I+D+i se justifica por la necesidad de corregir el fallo de mercado que se da en la producción del conocimiento científico y tecnológico, como consecuencia de la apropiabilidad incompleta de los resultados por parte de las empresas que han invertido en investigación (Nelson, 1959; Arrow, 1962b). Este planteamiento ha llevado a algunos países a fomentar las inversiones de I+D+i por parte de las empresas, para estimular las innovaciones tecnológicas que repercuten en el sistema económico, generando un superávit tanto para los productores como para los consumidores (David y Hall, 2000).

Las inversiones públicas en investigación pueden llegar a influir sobre las decisiones de las empresas a la hora de financiar la I+D+i privada y su

comportamiento en los mercados. De hecho, el gasto público en investigación puede contribuir indirectamente a estimular los gastos privados en I+D+i a través del aumento del conocimiento y de la formación profesional (Klette et ál. 2000). Jaffe (1989) y Adams (1990) documentan, a través de análisis econométricos, la existencia de spillovers generados por las inversiones públicas en conocimientos científicos sobre las inversiones privadas en I+D+i. Link y Scott (1998) muestran la influencia que tienen los programas de investigación financiados por los gobiernos sobre las innovaciones tecnológicas.

El debate sobre la complementariedad o sustituibilidad de las inversiones públicas y privadas en I+D+i ha impulsado la realización de muchos estudios tanto a nivel de empresa, (Higgins y Link, 1981; Link, 1982; Toivanen y Niininen, 1998; Wallsten, 1999; Duguet, 2003, Lööf y Heshmati, 2005), de sector, –como es el caso de los estudios de Levin y Reiss (1984), Lichtenberg (1984)– así como a nivel agregado. A pesar de la falta de consenso sobre los resultados, David y Hall (2000), al analizar algunos estudios micro y macroeconómicos, encuentran una preponderancia de complementariedad entre inversiones públicas y privadas en investigación.

Levy y Terleckyj (1983) llevan a cabo el primer estudio sectorial a nivel macro de las relaciones entre financiación pública y privada de la I+D+i. Los principales resultados son que las ayudas públicas a proyectos industriales están positiva y significativamente correlacionadas con las inversiones privadas en I+D+i y la productividad de las empresas. Levy y Terleckyj encuentran también que un dólar adicional de ayuda pública a la I+D+i produce el efecto de aumentar en un 27% las inversiones privadas. Lichtenberg (1987) mantiene que una intensidad más alta del gasto en I+D+i en los centros públicos de investigación no genera un impacto adicional sobre el gasto privado. Robson (1993) encuentra que las inversiones públicas en I+D+i tienen un impacto positivo. A conclusiones parecidas llega Diamond (1998). Kealey (1996) demuestra, a través del análisis de series históricas de inversiones en I+D+i para varios países, cómo inversiones públicas elevadas en investigación con respecto a las privadas reducen de forma más que proporcional el nivel total de las inversiones en I+D+i.

2. ANÁLISIS EMPÍRICO.

Tal y como se acaba de indicar, la relación entre inversión en I+D+i y crecimiento económico no es tan inmediata y directa como cabría esperar. Existen múltiples factores que determinan la evolución de la producción y la renta de un país y el gasto en innovación es uno de ellos. A su vez, cabría tener presente que aún cuando se hable de este concepto de forma general, el mismo encierra múltiples facetas, pues no todos los distintos usos dados a los gastos son idénticos ni sus consecuencias sobre el producto se manifiestan de manera semejante, ni en la intensidad ni en el tiempo que tardan en hacerse visibles. Adicionalmente, hay que considerar que los resultados de estas

inversiones se ven condicionados por la estructura y características del tejido productivo y social sobre el que se van a ejecutar.

El estudio que aquí se presenta trata de analizar las vinculaciones entre el gasto en innovación y el nivel de producto de un país, para lo cual se va a utilizar la renta per cápita –a partir de ahora, RPC– como indicativo de esta variable. Se estudia esta relación en un conjunto de países con estructuras económicas que presentan una cierta vinculación y características semejantes. En concreto, se analiza la interrelación entre el gasto en I+D+i y la renta en el conjunto de países formado por la UE-15 excepto Luxemburgo e incluyendo a Noruega. A partir de ahora, el distintivo de cada país incluido en el estudio dentro de los cuadros de resultados serán sus tres primeras letras en mayúsculas -ejemplo, España será ESP-, excepto en el caso de Gran Bretaña que se identificará por GBR. Como indicador de la inversión en innovación se han utilizado tanto los datos del GERD (Gross Domestic Expenditure in R&D) como los del GBAORD (Government Budget Appropriations or outlays on Research and Development). Todos ellos tienen como fuente Eurostat. La diferencia entre ambos estriba en que GERD recoge los gastos realmente ejecutados, distinguiéndose entre agentes (sector empresarial privado, gobierno, educación superior, organizaciones privadas sin ánimo de lucro, sector exterior y total de sectores), mientras que GBAORD recoge los recogidos dentro de los presupuestos de los gobiernos centrales o federales para este fin. Dentro de este concepto también se incluyen las partidas asignadas por los gobiernos provinciales y regionales, siempre que sean significativas. Las cifras incorporan tanto gastos corrientes como de cápital y cubren todos los gastos de I+D financiados por los Gobiernos independientemente del agente que los haya ejecutado según el Manual Frascati (OCDE, 2002: 496). Las cifras de GBAORD las recopilan las autoridades nacionales a partir de los presupuestos públicos. Se clasifican en función de objetivos socioeconómicos definidos en las NABS –Nomenclature for the analysis and comparison of scientific programmes and budgets, Eurostat, 1994–. Los objetivos son los siguientes:

TABLA 1: IDENTIFICACIÓN DE LAS PARTIDAS NABS.

<i>Rúbrica</i>	<i>Código</i>
Exploración y explotación del medio terrestre	1
Infraestructuras y ordenación del territorio	2
Control y protección el medio ambiente	3
Protección y promoción de la salud humana	4
Producción, distribución y utilización racional de la energía	5
Productividad y tecnologías agrarias	6
Productividad y tecnologías industriales	7
Vida en sociedad (Estructura y relaciones)	8
Exploración y explotación del espacio	9
Investigación financiada por fondos generales de universidades	10

<i>Rúbrica</i>	<i>Código</i>
Investigaciones no orientadas	11
Investigaciones no clasificadas	12
Defensa	13

Fuente: Eurostat.

Además de los importes por finalidad y el nivel de RPC, se han calculado determinadas ratios que permiten evaluar la relación con este tipo de inversión. En concreto, se ha calculado qué proporción del gasto total en innovación es ejecutada por el sector público –a partir de ahora, GP/GT– y cuánto representa este gasto total en términos de PIB –a partir de ahora, GT/PIB–. Tanto el gasto público como el total nacional ejecutados en innovación se toman de las cifras GERD de cada nación. Todos los datos están recogidos en euros corrientes por lo que se ha procedido a expresarlos en euros constantes de 2005. Para ello se han tomado las tasas de variación del índice de precios de consumo armonizado publicado por Eurostat, para el período incluido en el análisis. Para obtener la tasa media correspondiente al conjunto de los 15 países estudiados se ha procedido a ponderar la tasa de variación del IPC armonizado en cada país por el volumen de su PIB nominal. Esta última variable también se ha tomado de Eurostat.

Como se ha indicado anteriormente, la relación entre el gasto en I+D+i y la evolución del producto no es tan inmediata y directa como cabría esperar, por lo que no sería de extrañar que la interrelación entre las variables analizadas fuera distinta según países. Para ello, se han estimado las correlaciones entre esas tres variables para el periodo comprendido entre 1996 y 2005 para cada uno de los países considerados y para el total. Los valores aparecen en la tabla 2, en donde, además se recoge el resultado de contrastar la hipótesis de significatividad individual de todas y cada una de las correlaciones:

TABLA 2: CORRELACIONES ENTRE VARIABLES POR PAÍSES.

<i>País</i>	<i>RPC con GT/PIB</i>	<i>RPC con GP/GT</i>	<i>GT/PIB con GP/GT</i>
ALE	0,872	-0,825	-0,945
AUS	0,934	-0,762	-0,819
BEL	0,843	0,595	0,139(*)
DIN	0,918	-0,901	-0,971
ESP	0,967	-0,246(*)	-0,101(*)
FIN	0,985	-0,949	-0,960
FRA	0,814	-0,310(*)	0,134(*)
GRE	0,784	-0,639	-0,949
HOL	0,631	-0,869	-0,576
IRL	0,668	0,755	0,948
ITA	0,953	-0,374(*)	-0,272(*)
NOR	0,458	-0,076(*)	-0,083(*)

<i>País</i>	<i>RPC con GT/PIB</i>	<i>RPC con GP/GT</i>	<i>GT/PIB con GP/GT</i>
POR	0,933	-0,696	-0,889
SUE	0,649	-0,653	-0,906
GBR	0,803	-0,065(*)	0,068(*)
UE14 + NOR	0,962	-0,873	-0,749

Nota: (*) indica coeficientes estadísticamente iguales a cero al 95%.

Fuente: Elaboración propia.

En líneas generales, se aprecia una correlación positiva y elevada entre la renta per cápita y la proporción entre el gasto total en innovación y el PIB que, en todos los casos, es estadísticamente distinto de cero. Esta homogeneidad en la respuesta no está tan clara en las otras dos correlaciones, pues algunos países presentan una relación estadísticamente nula y en otros, como Bélgica e Irlanda, presentan un signo distinto al del resto.

Los estadísticos anteriores analizan la vinculación entre diferentes variables referidas tanto al gasto en innovación como a su peso dentro del conjunto de la economía. Sin embargo, es necesario recordar que los destinos que se le pueden dar a los citados gastos son diferentes. De hecho, la clasificación NABS distingue entre 13 posibles finalidades. Por ello, se estudia si todos los países dan a sus gastos los mismos destinos y si no es así, tratar de ver qué posibles grupos de países se pueden formar y si estos bloques presentan características similares. La tabla 3 recoge el peso medio de cada rúbrica para el conjunto de países considerados, tanto para todo el periodo de tiempo considerado como para cada uno de los dos lustros en los que se descompone:

TABLA 3: EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PESO MEDIO DE CADA RÚBRICA GBAORDS.

	<i>1996-2000</i>	<i>2001-2005</i>	<i>global 1996-2005</i>
<i>R1</i>	1,43%	1,53%	1,48%
<i>R2</i>	1,56%	1,72%	1,64%
<i>R3</i>	2,72%	2,58%	2,65%
<i>R4</i>	5,96%	6,86%	6,41%
<i>R5</i>	3,32%	2,68%	3,00%
<i>R6</i>	3,57%	3,22%	3,39%
<i>R7</i>	9,54%	10,24%	9,89%
<i>R8</i>	2,88%	3,41%	3,14%
<i>R9</i>	5,98%	5,05%	5,51%
<i>R10</i>	31,71%	32,39%	32,05%
<i>R11</i>	14,73%	14,86%	14,80%
<i>R12</i>	1,09%	1,10%	1,10%
<i>R13</i>	15,50%	14,36%	14,93%

Fuente: Eurostat (GBAORD) y elaboración propia.

Lo más reseñable en la composición del gasto es su estabilidad en el tiempo y su tendencia a concentrarse en pocas rúbricas. En concreto, los objetivos 7, 10, 11 y 13 representan más del 71 % del gasto. A pesar de esta continuidad en el tiempo, se han registrado algunos cambios por rúbricas y países, tal y como se aprecia en la tabla 4, donde se recogen las diferencias estadísticamente significativas entre las proporciones medias de gasto por países. Para ello, la hipótesis nula contrastada es que $\mu_{ij1} = \mu_{ij2}$, siendo μ la proporción promedio y $i, j, 1$ y 2 los subíndices correspondientes al país, destino del gasto y periodos inicial y final respectivamente. Los contrastes se han realizado mediante el uso de estadísticos t de Student.

TABLA 4: DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE AMBOS PERIODOS (%)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
ALE	--	--	--	0,9	-0,6	-0,7	--	1,5	0,3	--	0,8	--	-2,7
AUS	--	--	--	--	--	--	3,5	--	--	-4,7	--	--	--
BEL	--	--	--	--	--	-1,3	9,0	--	-2,9	--	--	-1,8	-0,2
DIN	-0,4	--	-1,3	3,8	--	--	-3,0	--	--	--	--	0,7	--
ESP	--	3,1	--	--	-1,8	--	--	--	-2,7	--	--	--	--
FIN	--	--	--	--	--	--	--	--	-0,6	--	2,5	--	--
FRA	--	--	1,0	--	-0,7	-1,2	--	--	-2,0	5,5	--	--	--
GRE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	5,1	--	--
HOL	--	--	-1,4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
IRL	2,5	--	--	1,9	--	--	-9,6	--	--	--	--	--	--
ITA	0,9	--	--	--	--	--	--	--	--	-4,2	--	--	--
NOR	-0,4	--	-0,5	--	--	--	-4,0	--	-0,5	--	4,0	--	1,5
POR	--	--	-0,7	2,0	--	--	--	--	--	--	1,9	--	--
SUE	--	-2,2	--	-0,5	--	0,8	--	--	--	--	--	--	--
GBR	0,7	-0,5	-0,6	--	--	-1,0	--	--	-0,6	2,5	3,7	--	-6,3

Nota: el símbolo "--" significa que estadísticamente la proporción del gasto es la misma en ambos periodos de tiempo considerados.

Fuente: Eurostat (GBAORD) y elaboración propia.

A partir de esta descripción del reparto del gasto por países y periodos de tiempo, el siguiente paso consistió en averiguar si estos países pueden agruparse en bloques con pautas de inversión semejantes, en lo que a reparto del gasto se refiere. Para ello, se realiza un quick cluster, en el que se utilizan como variables las relaciones entre la proporción media que cada rúbrica considerada representa en cada país respecto a la misma proporción en el total de países analizados. Estas proporciones se han calculado para cada una de las 13 finalidades del GBAORD, la RPC y las ratios GP/GT y GT/PIB. Por tanto, todos

los valores empleados oscilan en torno a la unidad². Tras la realización del cluster, las agrupaciones resultantes de países fueron las recogidas en la Tabla 5:

TABLA 5: GRUPOS FORMADOS DE PAÍSES

<i>Bloque</i>	<i>Países</i>
1	GRE, ITA, POR
2	AUS, IRL, NOR
3	BEL, FRA
4	ALE, DIN, FIN, HOL, SUE
5	ESP, GBR

Los centroides de cada bloque son los que se recogen en la Tabla 6:

TABLA 6: CENTROIDES DE LOS BLOQUES

<i>Variable</i>	<i>GR 1</i>	<i>GR 2</i>	<i>GR 3</i>	<i>GR 4</i>	<i>GR 5</i>
<i>R1</i>	1,7576	1,4514	0,5393	0,7176	1,1434
<i>R2</i>	1,7751	1,1223	0,5007	1,7584	1,2993
<i>R3</i>	1,2920	0,7173	0,9195	0,9674	0,8912
<i>R4</i>	1,0826	0,7783	0,5545	0,6182	1,6025
<i>R5</i>	0,7854	0,3387	1,1814	1,1089	0,4692
<i>R6</i>	2,0635	2,6842	0,7717	1,3298	1,2208
<i>R7</i>	1,1559	1,3471	1,6221	1,2996	1,1046
<i>R8</i>	1,3687	1,3475	0,7709	1,6928	0,7389
<i>R9</i>	0,5577	0,1884	1,9479	0,5275	0,5672
<i>R10</i>	1,3170	1,4510	0,6340	1,2270	0,6811
<i>R11</i>	0,7001	0,7788	1,4712	0,9829	0,6789
<i>R12</i>	1,0197	0,0587	2,8098	0,9934	0,9337
<i>R13</i>	0,1222	0,1414	0,7979	0,3768	1,9251
<i>GT/PIB</i>	0,4111	0,8456	1,0779	1,3846	0,7355
<i>GP/GT</i>	1,5370	1,0248	0,8932	0,8683	1,0340
<i>RPC</i>	0,5834	1,1395	0,8935	0,9929	0,7604

Fuente: Elaboración propia.

Las características de cada bloque son las siguientes:

- Bloque 1: gasto proporcionalmente muy elevado en R1, R2, R6 y R8, siendo muy reducido en R13. Son los países que menos gastan en innovación en relación a su PIB –un 59% menos que la media–, los que más peso tiene el gasto público en el gasto total y los de menor renta per cápita.

² Por ejemplo, si R1 en España vale 1,083 significa que nuestro país ha gastado en esa rúbrica un 8,3% más que la media del conjunto de países, mientras que si R5 es 0,779 supone que el gasto ha sido un 22,1% inferior a la media global en esa rúbrica.

- Bloque 2: gasto muy elevado en R1, R6, R7, R8 y R10, siendo muy reducido en R5, R9, R12 y R13. Su gasto en innovación respecto al PIB es un 15% inferior a los de la media del conjunto. Son los países con mayor renta per cápita
- Bloque 3: gasto muy elevado en R7, R9 y R12, siendo reducido en R1 y R2.
- Bloque 4: gasto muy elevado en R2 y R8, siendo reducido en R9 y especialmente en R13. Es el grupo de países que más gasta en relación a su PIB -un 38% más que la media- y en el que la inversión pública tiene menor peso.
- Bloque 5: gasto muy elevado en R4 y especialmente en R13, donde casi duplica la media, siendo muy reducido en R5 y R9.

Repetiendo el análisis de las correlaciones en cada uno de los bloques resultantes, y contrastando la hipótesis de significatividad individual de cada una de las correlaciones, tenemos los resultados recogidos en la Tabla 7:

TABLA 7: CORRELACIONES POR BLOQUES.

<i>Bloque</i>	<i>RPC con GT/PIB</i>	<i>RPC con GP/GT</i>	<i>GT/PIB con GP/GT</i>
1	0,978	-0,510	-0,492
2	0,919	-0,669	-0,598
3	0,891	-0,272(*)	0,010(*)
4	0,952	-0,940	-0,947
5	0,940	-0,002(*)	0,237(*)
<i>UE14 + NOR</i>	0,962	-0,873	-0,749

Nota: (*) indica coeficientes estadísticamente iguales a cero al 95%.

Fuente: elaboración propia.

Puede apreciarse que los resultados son semejantes a los obtenidos para cada uno de los países por separado, es decir, una correlación positiva y alta entre la renta per cápita y la proporción del gasto en innovación en el PIB, y correlaciones negativas entre la renta per cápita y el peso del gasto público en el gasto total en innovación y también entre la proporción del gasto en innovación en el PIB y el peso del sector público en dicho gasto.

Repetiendo el análisis para cada uno de los lustros considerados, se obtienen los bloques que se recogen en la Tabla 8:

TABLA 8: BLOQUES SEGÚN INTERVALO TEMPORAL.

<i>Periodo 1996-2000</i>		<i>Periodo 2001-2005</i>	
<i>Bloque</i>	<i>Países</i>	<i>Bloque</i>	<i>Países</i>
1	IRL	1	AUS, IRL, NOR
2	ALE, AUS, DIN, FIN, NOR, SUE	2	ALE, DIN, FIN, HOL, SUE
3	BEL, FRA, ITA	3	BEL, FRA

4	GRE, HOL, POR	4	GRE, ITA, POR
5	ESP, GBR	5	ESP, GBR

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, como se observa, la composición de los mismos presenta ligeras diferencias de un periodo a otro, siendo la del segundo intervalo de tiempo idéntica a la del periodo total.

3. CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha analizado la vinculación entre la inversión en I+D+i y la renta (utilizando en PIB per cápita) de los países de UE15 excepto Luxemburgo e incluyendo Noruega durante el período 1996-2005. Tal y como se recoge en los resultados del análisis empírico, la relación entre ambas variables es directa: a mayor renta per cápita, mayor peso del gasto en innovación dentro del PIB. A su vez, los datos sugieren que, por término general, el peso de la inversión pública dentro del total nacional en innovación se reduce conforme aumenta la renta per cápita y, de forma coherente, el peso de la inversión pública se reduce conforme aumenta respecto del producto total la proporción gastada en este concepto.

Si se atiende al estudio del reparto del presupuesto por finalidades, es necesario resaltar que el gasto se concentra en cuatro rúbricas, las referidas a tecnología industrial, inversión financiada por las universidades, investigación no orientada y defensa. Entre estas cuatro finalidades se gasta más del 71 % del total. A su vez, además de la concentración, hay que destacar que la composición del presupuesto entre las 13 diferentes rúbricas que lo componen es bastante estable a lo largo del tiempo, si bien se han apreciado ligeras modificaciones en la composición del gasto entre los dos subperiodos considerados. Son llamativos los cambios registrados en la rúbrica 7 en Bélgica e Irlanda, con aumentos y reducciones respectivamente de más de un 9%.

La descomposición del conjunto de 15 países en bloques de características homogéneas indica que el bloque formado por los países con mayor renta per cápita es aquél en donde el peso de la inversión pública es inferior.

A la vista de los resultados, parece existir una cierta heterogeneidad en cuanto al nivel de inversión en innovación y su relación con el producto total, así como en lo que se refiere al peso de la inversión pública sobre el total, de modo que un menor nivel de renta per cápita sugiere un menor gasto en innovación y que la proporción de gasto ejecutada por el sector público decrece a medida que se va expandiendo el nivel de riqueza. En otras palabras, los países con un elevado nivel de desarrollo presentan menores proporciones de inversión pública en I+D+i con respecto al total, mientras que los países con una estructura económica e industrial más débil presentan un gasto público en I+D+i mayor que el privado. Ello podría implicar que

las empresas invierten mejor de lo que pueda hacerlo el Estado, y que las inversiones privadas aumentan la productividad de los factores de forma más efectiva. Además, una elevada financiación pública de la investigación podría resultar contraproducente al aumentar el déficit público con las consiguientes repercusiones negativas sobre las prestaciones económicas futuras del país.

Sin embargo, las decisiones de invertir en I+D+i por parte de los Estados parecen estar ligadas fundamentalmente a factores socio-económicos y ambientales, y la comprensión de los mecanismos decisorios de los agentes públicos a la hora de asignar recursos a la investigación no puede desligarse del funcionamiento del sistema nacional de innovación que puede aumentar o disminuir la producción y la absorción de los conocimientos técnico-científicos.

BIBLIOGRAFÍA.

- Adams, J.D. (1990): "Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth", *Journal of Political Economy*, 4 (98), 673-702.
- Aghion, P. y Howitt, P. (1992): "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, 60 (2), 323-351.
- Aghion, P., Harris, C. y Vickers, J. (1997): "Competition and Growth with Step-by-Step Innovation: An Example", *European Economic Review*, 41, 771-782.
- Aghion, P., Howitt, P. y Mayer-Foulkes, D. (2005): "The Effect of Financial Development on Convergence: Theory and Evidence", *The Quarterly Journal of Economics*, 120 (1), 173-222.
- Aghion, P.; Bloom N.; Blundell, R.; Griffith, R. y Howitt, P. (2005): "Competition and innovation: an inverted U relationship", *Quarterly Journal of Economics*, 120 (2), 701-728.
- Anant, T.C.A.; Dinopoulos, E. y Segerstrom, P. (1990): "A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle", *American Economic Review*, 80 (5), 1077-1091.
- Arrow, K.J. (1962a): "The economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29, 155-173.
- Arrow, K.J. (1962b): "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", en Nelson R. ed.: *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton University Press, Princeton, 609-625.
- Bartelsman, E.J. y Doms, M. (2000): "Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata", *Journal of Economic Literature*, 3 (38), 569-594.
- Benavides, C. y Quintana, C. (2008): "Generación de Conocimiento tecnológico y políticas de innovación: dimensiones e interrelaciones", *Revista de Economía Mundial*, 18, 283-297.

- Blank, D.M. y Stigler, G.J. (1957): *The Demand and Supply of Scientific Personnel*, National Bureau of Economic Research, Nueva York.
- Cáceres, F. y Aceytuno, M. T. (2008): "La innovación como fuente de oportunidades empresariales", *Revista de Economía Mundial*, 19, 135-156.
- Cameron, G. (1998): "Economic growth in the Information Age: From Physical Capital to Weightless Economy", *Journal of International Affairs*, 51 (2), 447-471.
- Cass, D. (1965): "Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation", *Review of Economic Studies*, 32, 233-240.
- Ciupagea, C. y Moncada, P. (2006): "Industrial R&D Investment: a Comparative Analysis of the Top EU and Non-EU Companies Based on the EU 2004 R&D Scoreboard", *Revista de Economía Mundial*, 15, 89-120.
- Coe, D.T.; Helpman, E. y Hoffmaister, A.W. (1995): *North-South E&D Spillovers*, NBER Working Paper 5048.
- Comin D. (2004): *R&D: A Small Contribution to Productivity Growth*, NBER Working Paper 10625.
- David, P.A. y Hall, B.H. (2000): "Heart of Darkness: Modelling Public-Private Interactions inside the R&D Black Box", *Research Policy*, 9 (29), 1165-1183.
- Diamond, A.M. (1998), *Does Federal Funding Crowd Out Private Funding of Science?*, Presentation at the American Economics Association Meetings, Chicago.
- Dixit, A. y Stiglitz, J.E. (1977): "Monopolistic Competition and Optimal Product Diversity", *American Economic Review*, 67 (3), 297-308.
- Domar, E.D. (1946): "Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment", *Econometrica*, 14, 137-147.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. y Soete, L. eds. (1988): *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, Londres.
- Dosi, G. y Nelson, R. (1998): "An introduction to Evolutionary Theories in Economics", *Journal of Evolutionary Theories*, 3(4), 153-172.
- Duguet, E. (2003): "Are R&D Subsidies a Substitute or a Complement to Privately Funded R&D? Evidence from France Using Propensities Score Methods for Non-Experimental Data", *Cahiers de la Maison des Sciences Economiques, Working Paper Series*, n.º 75, Universidad de París I.
- Etzkowitz, H. (2006): "The New Visible Hand: an Assisted Linear Model of Science and Innovation Policy", *Science and Public Policy*, 5(33), 310-320.
- Freeman, C. (1975): *La teoría económica de la innovación industrial*, Alianza Universidad, Madrid, 401.

- Freeman, C. (1988): "Technical Change and Economic Theory", en Dosi G., Nelson R., Silverberg G. y Soete L. (ed.), Pinter, Londres.
- Freeman, C. (1994): "Technical change and technological regimes", en Hodgson G., Samuels W. y Tool M. (ed.): *The Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economic*, Edward Elgar, Aldershot, 309-315.
- Gerschenkron, A. (1962): *Economic Backwardness in Historical Perspective. A Book of Essays*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- Griffith, R. (2000): *How Important is Business R&D for Economic Growth and Should Government Subsidize It?*, Institute for Fiscal Studies, Briefing Notes 12.
- Griliches, Z. (1957): "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", *Econometrica*, 25, 501-522.
- Griliches, Z. (1958): "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations", *Journal of Political Economy*, 5(66), 419-431.
- Griliches, Z. (1960): "Hybrid Corn and the Economics of Innovation", *Science*, 132, 275-280.
- Griliches, Z. (1988): "Productivity Puzzles and R&D: Another Nonexplanation" *Journal of Economic Perspectives*, 2, 9-21.
- Griliches, Z. (1992): "The Search for R&D Spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, 94 (Supplement), 29-47.
- Grossman, G.M. y Helpman, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press, Cambridge MA.
- Grupp, H. (1998): *Foundations of the Economics of Innovation, Theory, Measurement and Practice*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Harrod, R.F. (1939): "An Essay in Dynamic Theory", *The Economic Journal*, 49, 14-39.
- Higgins, R.S. y Link, A.N. (1981): "Federal Support of Technological Growth in Industry: Some Evidence of Crowding Out", *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-28, 86-88.
- Jaffe, A.B. (1989): "Real Effects of Academic Research", *American Economic Review*, 5 (79), 957-970.
- Jones, C. y Williams, J. (2000): "Too Much of a Good Thing? The Economics of Investment in R&D", *Journal of Economic Growth*, 5, 65-85.
- Kaldor, N. (1957): "A Model of Economic Growth", *Economic Journal*, 67, 591-624.
- Kaldor, N. y Mirlees, J.A. (1962): "A New Model of Economic Growth", *Review of Economic Studies*, 29, 174-190.
- Kealey, T. (1996): *The Economic Laws of Scientific Research*, McMillan Press, Londres.

- Klette, T.J., Moen, J. y Griliches, Z. (2000): "Do Subsidies to Commercial R&D Reduce Market Failures" *Microeconomic Evaluation Studies*, *Research Policy*, 4(29), 471-495.
- Koopmans, T.C. (1965): "On the Concept of Optimal Economic Growth", en *The Econometric Approach to Development Planning*, New-Holland, Amsterdam.
- Levin, R.C. y Reiss, P. (1984): "Test of a Schumpeterian Model of R&D and Market Structure"; en Griliches, Z. (ed.): *R&D, Patents and Productivity*, University of Chicago Press, Chicago.
- Levy, D.M. y Terleckyj, N.E. (1983): "Effects of Government R&D on Private R&D Investment and Productivity: A Macroeconomic Analysis", *Bell Journal of Economics*, 2(14), 551-561.
- Lichtenberg, F.R. (1984): "The Relationship between Federal Contract R&D and Company R&D", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 2(74), 73-78.
- Lichtenberg, F.R. (1987): "The Effect of Government Funding on private Industrial Research and Development: A Re-Assessment", *The Journal of Industrial Economics*, 1(36), 97-104.
- Link, A.N. (1982): "An Análisis of the Composition of R&D Spending", *Southern Journal of Economics*, 2(49), 342-349.
- Link, A.N. y Scott, J.T. (1998): *Public Accountability: Evaluating Technology-Based Institutions*, Kluwer Academic, Norwell MA.
- Lööf, H. y Hesmati, A. (2005): "The Impact of Public Funds on Private R&D Investment: New Evidence from a Firm Level Innovation Study", *MIT Discussion Papers*, n° 3.
- Lucas, R.E. (1988): "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Lundvall, B.A. ed. (1992): *National Systems of Innovation*, Pinter, Londres.
- Lundvall, B.A. (1998): "Why Study National Systems of Innovations and National Styles of Innovation". *Technology Analysis and Strategic Management*, 10(4), 407-421.
- Meadows, D.H.; Meadows, D.L.; Randers, J. y Beherens, W.W. (1972): *The Limits to Growth*, Universe Books, Nueva York.
- Metcalfe, J.S. (1994): "Technology Systems and Technology Policy in an Evolutionary Framework", *Cambridge Journal of Economics*, 19, 25-46.
- Mill, J.S. (2001): *Principios de economía política, con algunas de sus aplicaciones a la filosofía social*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Nadiri, M.I. (1993): *Innovation and Technological Spillovers*, NBER Working Paper 4423.
- Nelson, R. (1959): "The Simple Economics of Basic Scientific Research", *The Journal of Political Economy*, 3(67), 3-22.

- Nelson, R. y Winter, S.G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- Nieto, M. (2003): "From R&D Management to Knowledge Management: An Overview of Studies on the Innovation Management". *Technological Forecasting and Social Change*, 70(2): 135-161
- Nordhaus, W.D. (1969): "An Economic Theory of Technological Change", *American Economic Review*, 59(2), 18-28.
- OCDE (2002): *Frascati Manual 2002. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, OCDE, France.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1994): "National Innovation Systems: Why They Are Important, and How They Might Be Measured And Compared", *Economic Innovation New Technology*, 1(3), 77-95.
- Phelps, E.S. (1966): "Models of Technical Progress and the Golden Rule of Research", *Review of Economic Studies*, 33, 133-146.
- Ramsey, F. (1928): "A Mathematical Theory of Saving", *Economic Journal*, 38, 543-559.
- Robson, M. (1993): "Federal Funding and the Level of Private Expenditure on Basic Research", *Southern Economic Journal*, 1(60), 63-71.
- Romer, P.M. (1986): "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94, 1002-1037.
- Romer, P.M. (1987): "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization", *American Economic Review*, 77, 56-62.
- Romer, P.M. (1990): "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 5 (98), 71-102.
- Shell, K. (1966): "Toward a Theory of Inventive Activity and Capital Accumulation", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 56(2), 62-68.
- Shell, K. (1967): "A Model of Inventive Activity and Capital Accumulation"; en Shell, K. (ed.): *Essays on the Theory of Optimal Economic Growth*, MIT Press, Cambridge, 67-85.
- Shell, K. (1973): "Inventive Activity, Industrial Organisation and Economic Growth"; en Mirlees, J.A. y Stern, N.H. (eds.): *Models of Economic Growth*, MacMillan, Londres, 77-96.
- Schumpeter, J.A. (1934): *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge.
- Schumpeter, J.A. (1943): *Capitalism, Socialism and Democracy*, Allen and Unwin, Londres.
- Smith, A. (2002): *La riqueza de las naciones*, Alianza Editorial, Madrid.
- Solow, R., (1956): "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.

- Swan, T.W. (1956): "Economic Growth and Capital Accumulation", *Economic Records*, 32, 334-361.
- Toivanen, O. Y Niininen, P. (1998): "Investment, R&D, Subsidies and Credit Constraints", *Working Paper, Department of Economics MIT and Helsinki School of Economics*.
- Uzawa, H. (1965): "Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth", *International Economic Review*, 6(1), 18-35.
- Wallsten, S.J. (1999): "Do Government-Industry R&D Programs Increase Private R&D?: The Case of the Small Business Innovation Research Program", *Department of Economics Working Paper*, Stanford University.