Universidad de Huelva

Departamento de Economía General y Estadística

Nivel y procesos de difusión de la tecnología: un análisis aplicado a la economía industrial de Andalucía (1975-1995)

Memoria para optar al grado de doctor
presentada por:

Antonio García Sánchez

Fecha de lectura: 28 de junio de 2002

Bajo la dirección de los doctores:

Luis Palma Martos
Ignacio Pomares Hernández

Huelva, 2010

ISBN: 978-84-92679-50-8
D.L.: H 27-2010

TESIS
UHU
2002
3

UNIVERSIDAD DE HUELVA

TESIS DOCTORAL

NIVEL Y PROCESOS DE DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA. UN ANÁLISIS APLICADO A LA ECONOMÍA INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA (1975 - 1995)

DOCTORANDO:

Antonio GARCÍA SÁNCHEZ

DIRECTORES:

Prof. Dr. Luis PALMA MARTOS

Prof. Dr. Ignacio POMARES HERNÁNDEZ

Huelva, abril de 2002

TESIS
UHU
2002
3

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

INTRODUCCIÓN. 1

CAPÍTULO 1. UNA APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO. A MODO DE INTRODUCCIÓN. 17

1.1. ALGUNAS PRECISIONES TERMINOLÓGICAS. 20
1.1.1. La relación entre invención, innovación y tecnología. *21*
a) Definiciones básicas y endogeneidad de la innovación y la tecnología. 21
b) Aspectos taxonómicos. 32
1.1.2. La noción de progreso técnico. *41*
a) Una descripción teórica del concepto. 41
b) Carácter acumulativo y dependencia de la trayectoria del cambio técnico. 46
1.2. CONTROVERSIAS TRADICIONALES EN EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO. 59
1.2.1. La visión clásica y marxista. *59*
a) Primeros estudios por parte de la escuela clásica. 60
b) El análisis marxista. 64
1.2.2. El enfoque neoclásico: la sustitución y la innovación inducida. *70*
a) Las primeras reformulaciones de la visión clásica. 71
b) Carácter incorporado o no incorporado en el cambio técnico. 73
c) Neutralidad y sesgo ahorrador de factor. 76
d) Sustitución e inducción en el cambio técnico. 82
1.2.3. Análisis marginal de las innovaciones y teoría del equilibrio de la empresa. *85*
a) El debate sobre la inducción de las innovaciones. 87
b) Análisis a la luz de las isocuantas generalizadas 99
1.3. RUPTURA CON EL ENFOQUE NEOCLÁSICO. 105
1.3.1. La visión schumpeteriana: estructura del mercado y endogeneidad del cambio técnico. *107*
a) Innovación, destrucción creadora y ciclos económicos. 108
b) Empresario, beneficios e innovación. 115
c) La influencia schumpeteriana en el análisis del cambio tecnológico. 118
1.3.2. Cambio Tecnológico, Acumulación y Crecimiento Económico: La visión de la Escuela de Cambridge. *122*
a) La "Función de Progreso Técnico" de Kaldor. 123
b) La visión de Joan Robinson. 127
1.3.3. El enfoque de Kennedy–Weizsacker: la Frontera de Posibilidades de Innovación y la estructura de costes como variables explicativas del progreso técnico. *133*
a) Presentación del modelo. 134
b) El equilibrio del modelo. 140
1.3.4. Las debilidades de los enfoques "no–clásicos". *145*
a) El debate entre Ahmad y Kennedy y la inconsistencia de la hipótesis de crecimiento equilibrado y de simetría de los factores. 146
b) ¿Hay alguna convergencia entre los enfoques neoclásicos y los neokeynesianos? 153
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA, ESTRUCTURA INDUSTRIAL Y ELEMENTOS INSTITUCIONALES. 156
1.4.1. La naturaleza del proceso de innovación. *158*
a) Caracterización de la actividad innovadora. 159
b) Actividades de I+D y estructura de las empresas. 163
c) Una visión en clave de paradigmas: divergencias en la actividad innovadora, oportunidades y condiciones del mercado. 168
1.4.2. La importancia de los aspectos institucionales. *176*
a) Estructura de mercado e innovación. 176
b) Otros elementos institucionales. 189

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 2. EL CONCEPTO Y LA MEDIDA DEL NIVEL TECNOLÓGICO..... 197

2.1. INTRODUCCIÓN..... 197
2.1. LAS MEDIDAS INTERNACIONALMENTE ACEPTADAS..... 202
2.1.1. Una breve reseña histórica..... 204
a) Los trabajos de la OCDE para medir el input..... 205
b) La labor de otras organizaciones internacionales..... 214
c) Las medidas del output..... 220
2.1.2. La I–D como medida fundamental del nivel tecnológico por el lado de los inputs..... 227
a) Definición de I+D y actividades incluidas..... 228
b) La frontera de la I+D: actividades excluidas..... 230
c) Los datos de I+D como indicadores: Usos y limitaciones..... 235
2.1.3. Las medidas del output..... 238
a) Los datos sobre patentes..... 242
b) Los datos bibliométricos..... 259
2.2. MEDICIÓN A TRAVES DE LOS CAMBIOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO..... 270
2.2.1. Las variaciones en la productividad..... 271
a) La relación entre productividad y tecnología..... 274
b) El cálculo de la productividad..... 276
2.2.2. Medidas derivadas de la metodología input–output..... 286
a) Intensidad tecnológica y sectores potencialmente innovadores..... 287
b) Los flujos de gastos en I+D..... 295

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 3. EL CONCEPTO Y LAS MEDIDAS DE LA DIFUSIÓN TECNOLÓGICA. 299

3.1. INTRODUCCIÓN. 299
3.2. CONCEPTO Y MODOS DE DIFUSIÓN. 305
3.2.1. El concepto de difusión de la tecnología. *306*
3.2.2. La imitación. *314*
a) Coste y velocidad de imitación. 316
b) La tasa de imitación. 320
3.2.3. La concesión de licencias. *327*
a)Los incentivos para conceder licencias. 329
b) El contrato de licencia óptimo. 338
Una innovación mayor. 341
Una innovación menor. 345
3.2.4. La cooperación entre empresas en I–D. *351*
a) Los incentivos para cooperar 353
b) Los resultados teóricos de los acuerdos de cooperación 359
3.3. MODELOS DE DIFUSIÓN TECNOLÓGICA. 370
3.3.1. Modelos Epidemiológicos o modelos logit *379*
3.3.2. Modelos de Efectos o modelos probit. *396*
a) Los modelos probit de difusión de las innovaciones. 399
b) Algunas consideraciones adicionales sobre los modelos probit. 406
c) Diversas definiciones de modelos probit. 411
3.3.3. Modelos de aprendizaje bayesiano. *414*
3.3.4. Una comparación entre los diferentes modelos. *423*
3.4. UNA APROXIMACIÓN MACROECONÓMICA. MEDICIÓN DE LA DIFUSIÓN A TRAVÉS DE LOS FLUJOS INTERINDUSTRIALES. 435
3.4.1. Los requerimientos de inputs intermedios. *438*
a) El cálculo de los requerimientos de inputs intermedios. 441
b) La distinción entre producción nacional e importaciones. 446
3.4.2. Los flujos de gastos en I–D. *451*
a) Empuje y dependencia en innovación. 453
b) Análisis del conjunto de interrelaciones técnico–económicas. 455

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 4. EL SISTEMA CIENCIA TECNOLOGÍA EN ANDALUCÍA 461

4.1. INTRODUCCIÓN: POLÍTICAS REGIONALES DE I+D. 461
4.2. LOS EFECTOS DE LA POLÍTICA ECONÓMICA ANDALUZA SOBRE LA CONFIGURACIÓN DEL SCTI EN ANDALUCÍA. 474
4.2.1. La estructura socioeconómica en Andalucía. *476*
4.2.2. La plasmación de la política científica y tecnológica en la planificación y política económicas en Andalucía. *480*
a) Las primeras actuaciones de la Política Pública andaluza. 482
b) La consolidación de la planificación para el desarrollo económico de Andalucía. 487
c) El Plan Andaluz de Desarrollo Económico 1991–1994. 493
d) El Plan Industrial de Andalucía 1994–1997. 501
e) La planificación vigente: el II Programa Industrial para Andalucía y el Plan Económico Andalucía Horizonte 2000. 510
4.3. LA POLÍTICA CIENTÍFICA EN EL SCTI ANDALUZ. 517
4.3.1. El Programa de Política Científica (1984–1987) *518*
4.3.2. El primer Plan Andaluz de Investigación (1990–1993) *522*
a) Las actuaciones en la etapa preparatoria del PAI I. 524
b) El primer Plan Andaluz de Investigación 1990–1993. 527
4.3.3. El segundo Plan Andaluz de Investigación (1996–1999) *536*
a) Objetivos y estructura organizativa del Plan. 537
b) Las actuaciones en el II Plan Andaluz de Investigación 1996–1999. 539
4.3.4. El III Plan Andaluz de Investigación 2000–2003: Una breve presentación. *547*
4.4. EL CONTEXTO EXTRAREGIONAL EN EL SCTI ANDALUZ. 551
4.4.1. La influencia de los Planes Nacionales de I+D y la actuación del CDTI. *553*
a) La estructura de funcionamiento del PNID y del CDTI. 555
b) Las diversas etapas del PNID y de las acciones del CDTI. 561
4.4.2. Las acciones en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico en el ámbito europeo. *569*
a) La evolución del marco jurídico–institucional de las acciones de I+D en el ámbito comunitario. 571
b) La incidencia de las acciones comunitarias en el SCTI andaluz. 579

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 5. NIVEL TECNOLÓGICO Y PROCESOS DE DIFUSIÓN: ANÁLISIS DE DATOS. 587

5.1. EL NIVEL TECNOLÓGICO EN LA ECONOMÍA INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA. 588
5.1.1. Caracterización y análisis comparativo del esfuerzo andaluz en I+D y en innovación: una primera aproximación..... 590
a) La distribución de los gastos de I+D. 591
b) El esfuerzo investigador. 597
5.1.2. Un análisis más preciso del Esfuerzo Investigador de las Empresas..... 603
a) El esfuerzo investigador en la industria y las manufactoras. 604
b) Una comparación a partir de Encuesta sobre Actividades de Innovación de las Empresas del INE.... 608
5.1.3. La valoración del output a partir de los datos de patentes..... 620
5.2. UNA APROXIMACIÓN A LA DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA A PARTIR DE LAS TABLAS INPUT–OUTPUT. 629
5.2.1. Análisis de los Índices de Contenido Tecnológico. 631
a) La evolución para el conjunto de la economía. 631
b) El conjunto de la industria. 635
c) Un análisis más desagregado. 639
5.2.2. Los requerimientos de inputs intermedios. 649
a) Evolución en el conjunto de la economía. 650
b) Los requerimientos de inputs intermedios de la industria. 659
c) Las industrias manufactureras. 666
ANEXO AL CAPÍTULO 5. 672

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

INTRODUCCIÓN.

La actividad productiva de una economía consiste en la combinación y transformación de determinadas cantidades de inputs según las normas expresadas por la que llamamos función de producción, con el objetivo de obtener un conjunto de bienes y servicios, o productos finales. Cuando analizamos la función de producción, observamos cómo mediante distintas combinaciones de los diversos inputs es posible obtener cantidades diferentes de bienes y servicios. La forma concreta en que hayan de combinarse los factores, la relación entre cantidades de factores y cantidades de productos, así como el número de productos diferentes que es posible obtener y sus características y calidad, dependerán de la tecnología[1] que esté disponible en cada momento. Si se pretende modificar alguna de estas relaciones, ya sea para incrementar el volumen de producción obtenido con una dotación de factores dado, cambiar las características de los productos, obtener uno nuevo o mejorar la calidad de uno ya existente, resulta necesario disponer de una tecnología nueva y ponerla en uso, es decir, realizar una innovación tecnológica. Podemos resumir estas relaciones afirmando que los elementos fundamentales de todo proceso productivo son los inputs (factores de la producción, materias primas,

[1] Nótese que cuando hablamos de tecnología hacemos referencia no sólo a las meras aplicaciones técnicas, sino también al sustrato de saber y conocimiento científico que se encuentra necesariamente subyacente en las mismas.

Universidad de Huelva 2009

bienes intermedios) y la tecnología, mientras que su objetivo es la obtención de productos finales[2].

Desde esta perspectiva, podemos definir la innovación tecnológica como aquella mejora (ampliación) en los conocimientos y técnicas disponibles, en todo o en parte del sistema productivo, cuyo resultado es bien un cambio en la función de producción del innovador, o bien la oferta de un bien o servicio nuevo o mejorado. En el primer caso nos encontramos ante una innovación de proceso, que reducirá los costes del innovador y puede que incremente sus ingresos, en la medida en que licencie el uso de la nueva tecnología para que puedan utilizarla empresas no rivales. En el segundo, una innovación de producto, es de esperar un aumento en los ingresos del innovador (quien goza de un monopolio, al menos temporal, sobre la producción del nuevo bien o servicio), así como mayores posibilidades de elección de los compradores. Si el nuevo producto no es un bien o servicio de consumo final sino intermedio, tendrá como efecto una modificación en la función de producción de los clientes del innovador, lo que se traducirá en una reducción de sus costes o bien en nuevas posibilidades de producción, iniciándose así toda una cascada[3] de innovaciones. Cuando la innovación de producto tenga lugar en un bien o servicio de consumo final, su resultado hacia los compradores será un aumento del bienestar gracias a mayores posibilidades de elección y, probablemente, también a precios más bajos.

---

[2] Obviamente, unos de estos productos finales serán bienes o servicios de consumo final, mientras que otros serán inputs intermedios, utilizados en otros procesos productivos.

[3] Evidentemente, esta cascada de innovaciones dependerá tanto de las relaciones hacia delante de la cadena de compradores desde el innovador inicial, como de la actuación de los imitadores en las diversas fases del proceso productivo, hasta llegar al bien o servicio de consumo final.

Universidad de Huelva 2009

En términos generales, parece acertado admitir que como resultado de la innovación tecnológica es de esperar que aumente la productividad de quienes realizan una innovación, la imitan o la adoptan, generando al final un mayor bienestar para los consumidores así como un crecimiento económico. Este hecho destaca la importancia que tiene la innovación tecnológica para cualquier economía y parece corroborado, al menos de forma intuitiva, desde la evolución experimentada por la economía japonesa tras la II Guerra Mundial, fundamentada, entre otros aspectos, en un proceso de difusión de la tecnología mediante la adopción e imitación de innovaciones tecnológicas generadas en el exterior.

Esta intuición ha sido confirmada por Solow, quien en su discurso de aceptación del Premio Nobel de Economía presentó los resultados de una estimación que atribuía al cambio tecnológico la tercera parte del crecimiento económico experimentado por los Estados Unidos entre 1929 y 1982[4]. Desde otra perspectiva, esta argumentación se ve apoyada por las estimaciones de Vehorn[5], quien atribuye a las investigaciones en biomedicina la capacidad para explicar el 23% de la reducción en los índices de mortalidad de 1930 a 1978, lo que generó un efecto retorno (ahorro neto) de los gastos en investigación de más de 83.000 millones de dólares.

Por otro lado, debemos tener presente que diversos estudios[6] han resaltado que el crecimiento de la productividad (y por extensión los

[4] SOLOW (1988), p. 314.

[5] Citado por PALDA (1993), capítulo 1, p. 4.

[6] Véanse por ejemplo GRILICHES (1957 y 1979), GLOBERMAN (1978) y PALDA (1993).

Universidad de Huelva 2009

efectos del cambio tecnológico) se ve más afectado por la velocidad de adopción y difusión de las innovaciones que por la generación de éstas. Es decir, no basta con que como resultado de la actividad científica e investigadora se generen invenciones, sino que es necesario que éstas se transformen en innovaciones mediante su puesta en funcionamiento efectivo en el mercado y que se difundan al conjunto del sistema productivo.

Sin embargo, la preocupación por la ciencia y sus resultados no siempre ha alcanzado en España los niveles que hubieran sido deseables, como así lo destacan, entre otros, García Lizana y Fernández Morales (1994) a partir de una cita de Ortega y Gasset (*La Rebelión de las Masas*), quien destacaba la contradicción en que incurría la sociedad de su tiempo al reconocer ampliamente y hablar de los "progresos fabulosos de la técnica" y despreocuparse y despreciar al mismo tiempo los esfuerzos y la actividad científica, la única fuente de creación técnica[7]. Quizá el máximo exponente de esta despreocupación por la tecnología (si no desprecio) se encuentre en el unamuniano "¡Qué inventen ellos!", que ha inspirado recientemente el título de un libro en el que se analizan diversos aspectos de la tecnología, la empresa y el cambio económico en la España del siglo XX[8].

Por otro lado, no es menos cierto que desde el cuerpo de la Ciencia Económica se ha prestado tradicionalmente gran atención a fenómenos como los que se ha dado en llamar crecimiento, progreso o desarrollo

[7] Véase Ortega y Gasset (1930–1983), págs. 72–75.

[8] López García y Valdivieso (eds.), 1997.

Universidad de Huelva 2009

económico[9]. Dichos fenómenos, pronto se vincularon con la aparición de economías, internas y externas, generadas por la ampliación de los mercados (resultado del crecimiento poblacional y de la acumulación) y cuyo elemento clave estaba en la técnica, que influía de dos formas diferentes. Por un lado, de forma inducida, reduciendo los costes gracias a las mejoras organizativas y el perfeccionamiento de las técnicas de producción; por otro, de forma no inducida, a través de los efectos de "invenciones revolucionarias, que ocurren sin explicación por el sistema económico"[10].

Esta concepción en la que implícitamente se considera la tecnología (y por tanto el cambio tecnológico) como un factor exógeno del crecimiento económico entra dentro de la línea que sería desarrollada poco después por Solow[11], cuyos trabajos se consideran como los pioneros de la teoría moderna del crecimiento económico y del análisis que en él juegan la tecnología y el cambio tecnológico y formaron parte de la corriente dominante en la teoría económica hasta mediados de la década de 1980. La consecuencia lógica de este modelo de crecimiento exógeno para las políticas públicas era que la única forma en que podían impulsar el crecimiento económico consistía en fomentar el ahorro y su derivación hacia la inversión, de forma que se incrementase el capital físico.

---

[9] No olvidemos que la obra que señala el nacimiento de la Economía como ciencia es un tratado sobre la naturaleza y las causas que generan la riqueza de las naciones, concepto que podemos aceptar como equivalente al crecimiento y el progreso en aquella época.

[10] Véase Schumpeter (1954, 1971), pág. 975.

[11] Solow, R. (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function", Review of Economic and Statistics, 39, pp. 312-330.

Universidad de Huelva 2009

Sin embargo, a medida que el análisis económico ha ido evolucionando, esta visión exógena ha ido dejando paso a una concepción endógena del crecimiento económico y del cambio tecnológico, cuyo origen podemos situar en los trabajos de Romer[12] en la segunda mitad de la década de 1980. De esta visión, se sigue que es necesario atender no sólo a las meras aplicaciones técnicas, sino también al sustrato científico y cognitivo en el que se sustentan, lo que significa la necesidad de controlar y administrar económicamente el proceso por el que tienen lugar (buscando la optimización de sus resultados), puesto que constituyen un elemento clave para explicar el crecimiento y desarrollo económicos. Es decir, no se trata de pretender lograr las mejoras tecnológicas o el crecimiento económico *per se*, sino con objetivos mucho más amplios, lo que hace que deba entenderse el desarrollo económico como una mejora de la calidad de vida, de modo que el principal reto para las políticas, regionales, nacionales e internacionales, consiste en ser capaces de explotar todo el potencial creado por el progreso tecnológico[13].

En este sentido, de los diversos trabajos que han estudiado la relación existente entre la difusión tecnológica, el desarrollo y la convergencia regional, tanto utilizando modelos de crecimiento neoclásicos como modelos de crecimiento endógeno, pueden extraerse varias interesantes conclusiones que van más allá de la aparente convergencia a raíz del rápido crecimiento inicial que experimentan los países menos desarrollados. Así, aunque de dichos modelos se deriva una convergencia a largo plazo en el

[12] Romer, P. (1986a, 1986b y 1987) para la teoría del crecimiento endógeno y Romer (1990) para la teoría del cambio tecnológico endógeno.

[13] Véanse en especial las palabras del *World Development Report (1991)*, pág. 4.

Universidad de Huelva 2009

capital por trabajador eficiente (corregidos los efectos del nivel tecnológico sobre el capital por trabajador), en la tasa de crecimiento de la renta por trabajador y en la tasa de crecimiento del nivel tecnológico, el nivel relativo tecnológico converge a una tasa menor que uno.

Es decir, tiende a mantenerse un diferencial tecnológico a largo plazo, que acabará generando diferenciales en los niveles de renta. Este diferencial tecnológico es debido al retraso en la adopción, por las regiones más atrasadas, de las innovaciones y avances tecnológicos generados en regiones o países más avanzados, por lo que la forma de reducirlo sería actuar en aquellas condicionantes que permitan incrementar no sólo la capacidad de generar tecnología, sino fundamentalmente la capacidad de absorción de la tecnología generada en el exterior o *social capability*[14], en función de las características, potencialidades y limitaciones de cada región.

Desde una perspectiva más próxima a la microeconomía, es lugar común en los estudios de Economía Industrial señalar el papel esencial y la extraordinaria importancia que tiene la innovación tecnológica para el crecimiento y el desarrollo socioeconómico de los países y regiones, pues ambos están íntimamente ligados a la capacidad tecnológica e innovadora.

Esta vinculación desde diversas perspectivas entre tecnología y desarrollo, junto con la constatación de que existen diversas fuentes de imperfecciones y fallos del mercado asociados a la actividad innovadora (largos períodos de maduración, grandes volúmenes de necesidades

[14] Puede verse una discusión detallada de los factores que influyen en esta capacidad de absorción en Palda (1993) y Abramovitz (1986), págs. 395–396.

Universidad de Huelva 2009

financieras, imperfecciones en los mercados de capitales y factores, rendimientos crecientes a escala, externalidades y carácter de bien público, difícil cobertura ante el riesgo), ha servido de justificación para la existencia de políticas públicas tendentes a mejorar la capacidad innovadora y de desarrollo tecnológico, con el objetivo de conseguir un mayor bienestar social a través de mayores tasas de crecimiento y de creación de empleo.

Con este objetivo se establecieron los llamados sistemas nacionales de ciencia, tecnología e industria, que más recientemente están siendo sustituidos por los sistemas nacionales de innovación, al objeto de incorporar una visión sistémica y de conjunto, que permita alcanzar un mayor y mejor aprovechamiento social así como unas mayores cotas de eficiencia asignativa y económica de los esfuerzos realizados por todos los agentes que intervienen en el citado sistema.

En este contexto, cobra un interés especial la llamada geografía de la innovación, concebida como "el estudio de las interrelaciones del proceso de innovación con el territorio donde dichas actividades innovadoras tienen lugar y con el conjunto de agentes involucrados, incluyendo el entorno social, político, institucional, educativo y financiero"[15]. La principal conclusión de la geografía de la innovación es la existencia de economías externas de aglomeración asociadas a la concentración espacial de las actividades de I+D, que son aprovechadas especialmente por las empresas. Así, la cooperación entre los diversos agentes que forman parte del proceso de innovación (horizontal y verticalmente) no sólo con el entorno

[15] PRADAS (1998).

Universidad de Huelva 2009

inmediato sino también en un contexto transnacional. Es lo que el profesor Molero llama producción local de tecnología cuyo uso está globalizado, o es susceptible de estarlo[16].

Por otro lado, puesto que estas actividades requieren la utilización de grandes volúmenes de recursos financieros, la infraestructura de apoyo y soporte a la innovación se convierte en un elemento clave en el proceso de innovación (especialmente entre las PYME) y por ende en países y regiones en los que este tipo de empresas represente una proporción importante en el tejido empresarial, como es el caso de España y de Andalucía en especial. Así, la carencia de recursos propios, obliga a las PYME a basar su proceso de innovación en la incorporación de bienes y servicios externos (especialmente los tecnológicos), obtenidos en un entorno lo más próximo posible. De este modo, no sólo podrán incorporar tecnología en su proceso productivo, sino también difundirla al resto del tejido industrial y a la sociedad en su conjunto, a través de sus productos.

Este hecho, hace que tenga un significado especial la medición del índice de contenido tecnológico de los inputs intermedios, así como el análisis de los requerimientos de inputs intermedios, en especial los procedentes de los sectores con mayor intensidad tecnológica, como

[16] Esta cuestión surgió como resultado del debate posterior a una conferencia que el Profesor Molero impartió en el contexto del II Seminario sobre Análisis Económico del Cambio Tecnológico, celebrado en la Universidad de Sevilla, en noviembre de 2000. En opinión del Profesor Molero, resulta imposible plantear políticas y sistemas regionales de I+D que pretendan competir en todos los campos tecnológicos. Más bien se deben centrar en crear las capacidades de absorción necesarias para incorporar las tecnologías punteras existentes en el mercado y potenciar la competitividad en aquellos campos en los que, por existir una ventaja competitiva en la generación de tecnología o por tratarse de sectores productivos estratégicos, exista la posibilidad de crear y explotar economías externas. Es lo que llamó "Holliwoods Tecnológicos" que, a título de ejemplo, señaló que en Andalucía podrían estar entorno al sector agroalimentario y sistemas de cultivos o las piscifactorías.

Universidad de Huelva 2009

medida de la vertebración del tejido productivo y por tanto de la capacidad difusora de las innovaciones generadas en cualquier punto de dicho tejido. Esta idea es compatible con dos importantes hipótesis[17]: a) la I+D no es el único recurso para la innovación, de la que además no siempre se obtienen resultados, y b) la mayor o menor relevancia de otras fuentes de innovación depende, al menos, del tamaño y del sector al que la empresa pertenece, tanto por las restricciones financieras y de diversa índole y la naturaleza informal de ciertas actividades innovadoras en el seno de las PYMES, como por las diferentes oportunidades tecnológicas asociadas a cada sector.

Es decir, consideramos que el nivel tecnológico de un país o región dependerá del que tengan en conjunto sus sectores productivos, entendiendo como tal no sólo la capacidad para generar nuevos procesos productivos y nuevos productos y su generación efectiva, sino también la receptividad o capacidad para absorber productos y procesos generados en el exterior de la empresa o de la región.

Las políticas tecnológicas y los sistemas de innovación tienen como objetivo elevar tanto el nivel investigador como el nivel tecnológico y por ende el desarrollo de la comunidad, región o país al que se circunscriben. Para ello, deben actuar sobre todas las actividades innovadoras, es decir, deben potenciar no sólo la investigación y generación de nuevos procesos y productos, sino también la difusión y adopción (capacidad de absorción) tanto de éstos como de otros generados en el exterior, así como la cooperación en dichas actividades, entre empresas y entre regiones. Parece lógico pues, que disponer de indicadores que nos permitan caracterizar y

[17] Apuntadas por COOMBS (1988), p. 296.

Universidad de Huelva 2009

cuantificar tanto el esfuerzo investigador como el nivel o contenido tecnológico, constituye un elemento necesario para analizar y comprender las diversas políticas llevadas a cabo, así como para plantear posibles retos y reflexiones de cara al futuro.

Por otro lado, en la medida en que el cambio tecnológico deriva en la disponibilidad de una gama más amplia de productos y nuevos procesos de producción que bien abaratan los costes o bien son más respetuosos con el medioambiente (y así compatibles con el que se ha dado en llamar desarrollo sostenible), no sólo incrementará el bienestar de los individuos, sino que como mantiene Pasinetti (1994), entre los muchos efectos del cambio tecnológico se encuentra la generación de cambios en la dinámica estructural de los costes que se verán reflejados en los precios, afectarán a la dinámica de la producción y a través de esta al empleo.

En la presente Tesis Doctoral, pretendemos aproximarnos a diferentes aspectos del cambio tecnológico desde la perspectiva de la realidad económica y social de la industria en Andalucía. Ello supone enfrentarnos al estudio de un objeto extraordinariamente complejo, que toma múltiples formas y direcciones y que, a menudo, requiere diferentes ángulos de visión para diferentes industrias así como para diferentes períodos históricos[18].

En cualquier caso, podemos considerar, de forma general, que el cambio tecnológico es el proceso por el cual el conocimiento y la

[18] "Technological change is an extraordinarily complex subject that takes a multiplicity of forms and directions, often requiring different angles of vision for different industries as well as for different periods of history" ROSENBERG (1994), p. 1.

Universidad de Huelva 2009

información[19] pasan a ser incorporados en nuevas tecnologías. Estas nuevas tecnologías permiten modificar la función de producción con diversa intensidad, según la nueva tecnología suponga un cambio o novedad más o menos intensa o radical respecto a la tecnología (funciones de producción) previamente existente.

Las modificaciones de la función de producción pueden suponer bien la posibilidad de obtener nuevos productos, bien nuevas formas de producir los bienes y servicios que hasta ahora se obtenían. En términos de productos netos y de función implícita de producción, el cambio técnico permite una expansión del conjunto de posibilidades de producción de la economía o de la empresa en que dicho cambio tiene lugar.

Desde un punto de vista microeconómico, cobran una especial relevancia los aspectos cuantitativos y cualitativos de la adquisición de la información necesaria para desarrollar o adoptar la innovación tecnológica.

Desde una perspectiva macroeconómica, interesa especialmente la extensión en que la información necesaria para generar las mejoras tecnológicas puede deducirse del cuerpo de conocimientos teóricos existente y, por otro lado, el proceso de emergencia de nuevas teorías y conceptos, y en qué medida son aplicables a la generación de mejoras tecnológicas. En este punto, el contexto de incertidumbre y de imperfección y escasez de información se hacen especialmente relevantes

[19] El conocimiento será de múltiples formas: explícito e implícito, formal e informal, codificado y tácito. La información y los demás conocimientos que se incorporan son tanto los nuevos (recientemente adquiridos o generados) como los ya existentes y conocidos. En BELUSSI y PILOTTI (2000) puede verse una discusión acerca de la importancia tanto del conocimiento codificado como del tácito.

Universidad de Huelva 2009

para comprender, analizar y explicar el cambio tecnológico. La visión neoclásica de un contexto con información perfecta y abundante genera errores en la caracterización del cambio tecnológico, que dificultan extraordinariamente su comprensión, análisis y explicación y, por consiguiente, el planteamiento y ejecución de políticas y actuaciones en esta materia.

La consideración del cambio tecnológico por parte del análisis económico experimentó un cambio notable a finales de la década de 1970, cuyas consecuencias se fueron materializando a lo largo de la década de 1980. Como resultado, la consideración actual es radicalmente diferente de la existente a mediados del siglo que acabamos de concluir. En ese momento, la tradición académica dominante en las economías occidentales no había despertado aún del sopor dogmático existente en su "urna de cristal". Y ello a pesar del tratamiento relativamente temprano del cambio técnico por Babbage, Ricardo y Marx. Igualmente, Schumpeter destacó la gran importancia del cambio tecnológico como principal elemento en la generación de crecimiento y progreso económicos a través del que llamó proceso de destrucción creadora[20].

Sin embargo, estos planteamientos no llegaron a cuajar en el seno de la tradición económica dominante. Ésta seguía tratando (o más bien "rechazando") el cambio técnico como una variable puramente exógena que, aunque tiene efectos sobre la economía, no tiene determinantes

[20] En PALMA (1989) encontramos una profunda reflexión de los aspectos relacionados con el cambio tecnológico de la teoría schumpeteriana. También puede verse MALERBA Y ORSENIGO (1990, 1995 Y 1996), SIMEONIDIS (1996). Por otro lado, en POMARES, PALMA y AGUADO (1998) encontramos una aplicación de las hipótesis schumpeterianas a la realidad andaluza.

Universidad de Huelva 2009

económicos visibles[21]. En la actualidad, la importancia económica del cambio técnico es ampliamente reconocida y el crecimiento del volumen de conocimientos científicos y tecnológicos disponibles es considerado como un factor fundamental para la mejora del potencial de crecimiento y desarrollo económicos[22]. Dedicamos el primer capítulo de esta Tesis a estudiar los principales aspectos de la consideración del cambio tecnológico por parte de la tradición académica.

El objetivo central de la presente Tesis Doctoral consiste en analizar cuáles han sido las circunstancias y los condicionantes en los que se ha desenvuelto la actividad de innovación tecnológica en Andalucía, así como cuáles han sido sus resultados, tanto en el nivel tecnológico alcanzado como en el proceso de difusión de las innovaciones tecnológicas (ya sean regionales o generadas en el exterior), para acabar obteniendo unas conclusiones e implicaciones en materia de política científica y tecnológica en Andalucía. Este objetivo lo vamos a abordar primero desde un marco teórico en los capítulos segundo y tercero. En ellos discutiremos, el concepto y lo medida del nivel tecnológico y de la difusión de la tecnología. A continuación, en el Capítulo 4 valoraremos el Sistema Ciencia–Tecnología andaluz, con especial hincapié en los aspectos

---

[21] "...economics has still not been awakened from its dogmatic slumber on the subject, and was content to treat –or perhaps a more appropriate operational verb would be 'to dismiss'– technological change purely as an exogenous variable, one that has economic consequences nut no visible economic antecedents". ROSENBERG (1994), p. 9.

En aras de ser precisos, debemos señalar que la tradición económica sólo ha ignorado el cambio tecnológico, no la tecnología. Así, al igual que se suponían unos gustos de los consumidores dados, se suponía un conjunto de conocimientos tecnológicos dados, que determinarían el conjunto de funciones de producción disponibles; es decir, las distintas combinaciones alternativas de inputs u outputs.

[22] Puede verse una discusión de estos aspectos en MOKYR (1990) y en BARRO y SALA–I–MARTÍN (1997).

Universidad de Huelva 2009

relacionados con las políticas públicas en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico. Posteriormente, en el quinto capítulo, abordaremos el nivel tecnológico y los procesos de difusión de la tecnología en Andalucía desde una perspectiva empírica, mediante la explotación de los datos disponibles en la Contabilidad Regional y Tablas Input–Output de Andalucía, que complementaremos con otras fuentes estadísticas, como las Estadísticas sobre Gasto en Investigación y Desarrollo Tecnológico, las Encuestas de Actividades Innovadoras en las Empresas o la Encuesta Industrial, entre otras. Este último aspecto ha delimitado el ámbito temporal del presente proyecto al período para el que disponemos de Tablas Input–Output para la economía andaluza, concretamente las de 1975, 1980, 1990 y 1995.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 1. UNA APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO. A MODO DE INTRODUCCIÓN.

Es común comenzar una Tesis Doctoral con uno o varios capítulos en los que se recopilen los distintos enfoques con los que ha sido abordado el problema o fenómeno en cuestión a lo largo de la historia del análisis económico. Pretendemos con este capítulo rendir tributo a dicha tradición y al mismo tiempo aportar algunos puntos de referencia que nos permitan ubicar el trabajo que vamos a llevar a cabo en el resto de la Tesis.

Al mirar en retrospectiva el tratamiento que el análisis económico ha dado a las cuestiones relacionadas con la tecnología y la innovación, parece lógico esperar que la atención prestada a estas cuestiones nazca como resultado de la llamada Revolución Industrial. Es cierto que en un pasado remoto hubo cambios susceptibles de ser considerados verdaderas revoluciones técnicas y que sirvieron para dar nombre, en función del material con el que se construyesen los utensilios, a las distintas Edades del Hombre en su devenir histórico[1]. También lo es que un cambio en las técnicas constructivas en la Edad Media permitió construir grandes catedrales, cuyos conocedores se rodeaban de un halo religioso y casi divino, y que en la Historia del Arte se dividen los períodos, entre otros aspectos, en función de la técnica empleada en la construcción de los

[1] FREEMAN y PEREZ (1988), p. 49, consideran a las edades de piedra, del bronce y del hierro como un paradigma tecnoeconómico cada una de ellas.

Universidad de Huelva 2009

edificios. Y no es menos cierto que el genio renacentista de Leonardo da Vinci llevó a cabo lo que hoy se llamaría una labor de investigación y desarrollo tecnológico, generando una serie de invenciones que en gran parte, por seguir empleando una terminología actual, no llegaron a desarrollarse como innovaciones porque no llegaron a superar el test del mercado.

Sin embargo, hay dos razones para no considerar este tipo de revoluciones técnicas y de invenciones dentro del análisis económico. La primera, y quizá la más poderosa, es que el análisis económico es algo mucho más reciente, característico de una organización económica mucho más desarrollada. Por otro lado, al hablar del análisis económico de la innovación y el cambio técnico, estamos haciendo referencia, de forma implícita, a cómo dichos cambios afectan al proceso productivo y al conjunto de la actividad económica. No podemos considerar que las revoluciones e invenciones mencionadas fueran aplicadas, y por tanto afectaran, de forma significativa la actividad económica de la época en que surgieron, que como ya hemos dicho nada tenía que ver con la moderna concepción de la actividad económica y productiva.

Así pues, parece que estas consideraciones nos llevan a comenzar nuestra revisión doctrinal en la Economía Clásica Inglesa. Cuando abordamos esta labor, nos encontramos con dos hechos relevantes. En primer lugar, las preocupaciones por el cambio técnico surgieron en una etapa relativamente temprana del análisis económico. Ya Charles Babbage dedicó una obra al estudio del papel que el cambio tecnológico jugaba en el

Universidad de Huelva 2009

curso del desarrollo industrial[2]. También David Ricardo se planteó los efectos que el progreso técnico podría tener en el conjunto del sistema económico (y especialmente sobre el factor trabajo) en el capítulo XXXI ("On Machinery"), añadido para la tercera edición de sus *Principles*. La segunda característica es que, a pesar de la temprana preocupación, el análisis económico no le ha prestado excesiva atención hasta fechas muy recientes[3]. Además, se ha centrado en describir y explicar las consecuencias del cambio tecnológico, siendo escasa la preocupación por el estudio de las causas y las razones que llevan a la existencia de dichos cambios, que eran considerados poco menos que casualidades[4] semejantes a las que generaban las mutaciones en la zoología o la botánica. Sin embargo, el cambio técnico ocurre de forma coherente como resultado de un proceso ordenado, gobernado más por la necesidad que por el azar, generando así una relación entre cambios técnicos y fenómenos económicos[5].

Como ya hemos expresado en la introducción, en la presente Tesis, pretendemos prestar atención al nivel que la tecnología alcanza en un

---

[2] BABBAGE, C. (1835): *On the Economy of Machinery and Manufactures*. Augustus M. Kelly, New York, 1986.

[3] "A lo largo de la historia del pensamiento económico constituye un hecho destacado —que resalta por su carácter aparentemente contradictorio— el que mientras en sus orígenes la economía política clásica situó bastante adecuadamente el papel central de la innovación tecnológica en el desarrollo económico, las aportaciones posteriores han sido de una extremada pobreza, cuando no de olvido". MOLERO (1990), p. 39.

"A pesar de que la economía clásica supo valorar el papel esencial de la innovación tecnológica como motor del desarrollo económico, las aportaciones posteriores la relegaron prácticamente al olvido. Sin embargo es a principios de este siglo [el XX] cuando surge la figura de Schumpeter que restablece el papel central de la innovación a partir de la figura del empresario innovador. No es hasta los años 50 y 60, principalmente en EE.UU., que se inicia el análisis sistemático de la relación entre la ciencia y la tecnología con la economía". BARCELÓ (1994), p. 11.

[4] LE BAS (1981), p. 5.

[5] *Ibidem*. LE BAS (1981), p. 5.

Universidad de Huelva 2009

determinado país o región y a los procesos o mecanismos a través de los cuales las innovaciones tecnológicas se difunden por todo el sistema productivo, especialmente el industrial. A estos objetivos dedicaremos los próximos capítulos. Sin embargo, en este primer capítulo pretendemos realizar una revisión doctrinal en la que recordaremos, desde una perspectiva general, los diferentes enfoques con los que han sido abordados diversos aspectos del cambio técnico por el análisis económico. Además, procuraremos establecer aquellas aclaraciones conceptuales que, por su carácter general, no quepa introducirlas en los capítulos siguientes, pero que consideramos necesarias para ubicar adecuadamente el trabajo que pretendemos realizar.

1.1. ALGUNAS PRECISIONES TERMINOLÓGICAS.

Son muchos los términos empleados por los economistas para describir las relaciones existentes entre la esfera de la ciencia y la tecnología y las de la economía y las prácticas sociales. Entre ellos destacan, sin ánimo de ser exhaustivos, innovación, investigación y desarrollo, progreso técnico, desarrollo tecnológico, progreso científico, invención. Clarificar estos conceptos requiere afrontar dos aspectos.

En primer lugar, distinguir entre descubrimientos científicos y transformaciones tecnológicas concretas, y determinar cuáles son las relaciones existentes entre ambos. Nos estamos refiriendo a la distinción entre invención e innovación y a las correspondencias que podamos encontrar entre ellas.

Universidad de Huelva 2009

Por otro lado, resulta necesario clarificar la noción de progreso técnico, prestando especial atención a la definición de las innovaciones tecnológicas como elemento integrante y fundamental del mismo.

1.1.1. La relación entre invención, innovación y tecnología.

El objeto central de la presente Tesis lo constituyen los procesos por los cuales las innovaciones tecnológicas se difunden en la economía y el nivel alcanzado en la creación y la utilización de dichas innovaciones tecnológicas. Dedicamos sendos capítulos a discutir ampliamente tanto el concepto como las posibles medidas de la difusión y del nivel tecnológico. Sin embargo, se hace también necesario detenerse, al menos brevemente en la definición de conceptos como innovación y tecnología y en su relación con las invenciones y la ciencia para la mejor comprensión del trabajo que realizamos. Abordamos a continuación esta última tarea.

a) Definiciones básicas y endogeneidad de la innovación y la tecnología.

Si acudimos al Diccionario de la Real Academia Española, encontraremos la definición de innovación como la "creación o modificación de un producto, y su introducción en el mercado", o bien como la "acción y efecto de innovar"[6]. Atendiendo primero a la segunda acepción, innovar es "mudar o alterar las cosas introduciendo novedades"[7].

[6] Diccionario de la Real Academia Española, 21ª edición (1992).

[7] *Ibidem*.

Universidad de Huelva 2009

Una novedad es la "cualidad de nuevo" o bien el "cambio producido en una cosa"[8]. Y nuevo es algo "que se ve o se oye por primera vez"[9]. Así, una innovación es un nuevo producto, idea, método o proceso, que no había sido visto ni oído antes.

Pero esta definición queda incompleta. La primera acepción introduce un elemento que es crucial a la hora de hablar de innovación desde un punto de vista económico. Se trata de la introducción en el mercado. Para poder hablar de innovación no basta con la existencia de la cualidad de nuevo, tiene que haber además una introducción efectiva en el mercado. Si faltase este segundo elemento, tendríamos que limitarnos a hablar de invención ("acción y efecto de inventar", es decir, de "hallar o descubrir cosa nueva o no conocida"[10]), no de innovación.

La distinción entre invención e innovación forma parte de la taxonomía del lenguaje económico. Su origen lo encontramos en la que se ha dado en llamar "trilogía schumpeteriana"[11], para hacer referencia a las tres etapas (invención, innovación e imitación–difusión) de que constaba el proceso de innovación, que por otra parte constituía el elemento central del proceso de destrucción creadora y por tanto del funcionamiento del capitalismo.

Encontramos una distinción entre invención e innovación, equivalente a la que acabamos de hacer a partir del Diccionario de la Real Academia

---

[8] *Ibidem.*

[9] *Ibidem.*

[10] *Ibidem.*

[11] STONEMAN (1995), p. 2.

Universidad de Huelva 2009

Española, en la definición de innovación científica y tecnológica recogida en el *Manual de Frascati*[12]. En él se considera la innovación como la transformación de una idea en un *producto vendible*, por lo que se explicita que incluye todas las medidas y acciones necesarias para *asegurar el éxito comercial* del producto, nuevo o mejorado. La I+D no es más que una de estas medidas, junto con la comercialización, todos los trabajos necesarios para obtener efectivamente una patente, los estudios de ingeniería y la puesta a punto de los elementos necesarios para realizarlos, los cambios administrativos, organizativos y financieros y los costes de puesta en marcha de la fabricación[13].

Es decir, para que podamos hablar de innovación debe superarse con éxito la fase de comercialización. La invención hace referencia a la etapa previa, a lo que el *Manual de Frascati* llama "idea", que posteriormente se convertirá en innovación si pasa exitosamente el control del mercado. El que podemos llamar "criterio del mercado" se muestra por tanto como crucial para distinguir la innovación de la simple invención.

---

[12] OCDE/OECD (1981).

[13] "L'innovation scientifique et technologique peut être considérée comme la transformation d'une idée en un produit vendable nouveau ou amélioré, ou en un processus opérationnel dans l'industrie ou le commerce, ou en une nouvelle méthode de service social. Ainsi, elle couvre toutes les mesures scientifiques, techniques, commerciales et financiers nécessaires pour assurer le succès du développement et de la commercialisation de produits manufacturés nouveaux ou améliorés, pour permettre l'utilisation commerciale de procédés et de matériels nouveaux ou améliorés ou pour introduire une nouvelle méthode de service social. La R–D n'est que l'une de ces mesures... six autres activités peuvent être distinguées dans le processus d'innovation: la commercialisation des nouveaux produits,... les travaux concernant les brevets,... des changements d'ordre financier ou administratif,... les études d'engineering relatives au produit final,... la mise au point de l'outillage et de l'engineering... [et] les coûts de mise en route de la fabrication". OCDE/OECD (1981), pp. 17–19.

Universidad de Huelva 2009

Dicho criterio queda recogido también, aunque de forma implícita, en la obra de Mokyr. Éste presenta una distinción entre invención e innovación en función de los efectos sobre la capacidad para generar bienestar, es decir, para producir bienes y servicios y, en última instancia, riqueza y crecimiento económico. Así, se produce una invención cuando se incrementa el volumen total de conocimientos del conjunto de la sociedad. Este incremento depende claramente del comportamiento de los agentes, ya sea de forma individual o en grupos o colectivos. La innovación se produce cuando dicho stock de conocimientos se aplica para obtener bienestar. Esta aplicación exige la interacción de unos agentes con otros y dependerá del funcionamiento de las instituciones existentes y de los mercados. Tiene por tanto, en buena medida, un marcado carácter social y económico[14].

Es por tanto el hecho de conseguir introducirse en el mercado lo que nos permitirá discriminar las innovaciones de las simples invenciones y no ninguna clasificación en etapas de un proceso lineal, ni tampoco una artificial distinción entre la esfera puramente científica, la puramente técnica y la puramente económica. Y esto, no sólo por cuanto acabamos de decir, sino además porque las invenciones son cada vez más el resultado del gasto deliberado en acciones de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D), que responden a una lógica claramente económica, ya sea ésta pública o privada. Por último, no debemos olvidar que esta distinción es simplemente de carácter general, por lo que debe ser flexible. Si pretendiésemos una distinción que permitiese una separación estricta entre invención e innovación y posteriormente difusión, estaríamos obviando de

[14] MOKYR (1990), pp. 25–27.

Universidad de Huelva 2009

forma engañosa la existencia de retroalimentaciones (*feedback*) desde los procesos de innovación y difusión hacia el de invención[15].

Esta distinción entre invención e innovación puede expresarse en términos de la distinción entre ciencia y tecnología[16]. La distinción entre ciencia y tecnología puede hacerse no obstante con relativa facilidad en función del objetivo. Mientras la ciencia pretende alcanzar la comprensión, la tecnología aspira a lograr la utilización[17].

Una definición alternativa podría hacerse a partir de una aparente tautología: ciencia es lo que hacen los científicos y tecnología lo que hacen los tecnólogos[18]. La tautología desparece al considerar no las actividades que realizan, sino las estructuras de incentivos con que ambos realizan su actividad. Así, los científicos generan un bien público, puesto que los resultados de su actividad están por lo general libremente disponibles a través de las publicaciones científicas. Por el contrario, los tecnólogos procuran obtener beneficios de los resultados de su actividad, que son mayores en la medida en que les sea posible retener los derechos de propiedad de dichos resultados. Generan por tanto un bien privado. Volvemos de nuevo al criterio del mercado para distinguir entre ciencia y

---

[15] PATEL y PAVITT (1995), p. 19.

[16] STONEMAN (1995), p. 4.

[17] Para una discusión más detallada véase GILLES (1978), en especial la p. 212. En cuanto a la relación existente entre ambas, encontramos en MAYR (1976) una interesante discusión. Por otro lado, no debemos olvidar, como señala MOKYR (1990, p. 212), que "cualquier correlación entre ambas podría muy bien ser falsa, ya que es posible que tanto la ciencia como la tecnología sean funciones de otros factores sociales.

[18] La tautología es obra de DASGUPTA Y DAVID (1991): "Resource allocation ant the institutions of science". CEPR. Stanford University. Mimeo. Citados por STONEMAN (1995), p. 4.

Universidad de Huelva 2009

tecnología[19], como también lo hicimos para distinguir entre invención e innovación.

Hasta el momento, no hemos definido a qué es exactamente a lo que nos referimos con el término tecnología. Acudiendo de nuevo al Diccionario, encontramos su etimología a partir del griego *τεχνη*, arte, y *λογοφ*, tratado. Esto lleva a definir la tecnología como el "conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial"[20]. Y por extensión, puesto que *λογοφ* también puede significar "pensamiento o razón", la tecnología puede definirse como el conocimiento sistemático transformado en herramientas y en su utilización[21]. Vieja o nueva, la tecnología es en esencia una construcción cognitiva[22].

Pero no podemos olvidar un matiz adicional del concepto de tecnología: las herramientas a que se refiere son aplicadas a la satisfacción de necesidades humanas. La tecnología es por tanto una parte integral del ser humano como tal. Es precisamente esta capacidad para usar herramientas, aprender sobre ellas y fabricarlas y mejorarlas lo que lo distingue de otros seres y especialmente de sus ancestros homínidos. Las tecnologías no son simplemente artefactos físicos, están compuestas además por el marco cultural y social en el que son aplicadas.

---

[19] La actividad tecnológica requiere una expectativa de recompensa monetaria del mercado para ponerse en marcha. La actividad científica tiene lugar independientemente de que exista o no dicha recompensa potencial.

[20] Diccionario de la Real Academia Española, 21ª edición (1992).

[21] TORNATZKY y FLEISCHER (1990), p. 9.

[22] *Ibidem*, p. 13.

Universidad de Huelva 2009

Tienen un contexto social, compuesto por las interacciones que mantienen con el marco social en el que son aplicadas y un contenido social, compuesto por los conocimientos, incentivos, cualificaciones y comportamientos que definen su uso. Esto implica que, manteniéndose constantes determinados elementos centrales de la tecnología, cambios en parte de su contexto o su contenido social pueden generar resultados muy diferentes[23].

En realidad no se trata de una definición fácil, pues debe ser lo suficientemente general, para recoger las múltiples manifestaciones que la tecnología puede llegar a tener, y al mismo tiempo precisa. Para acercarnos al menos al cumplimiento de estas dos condiciones vamos a recurrir a la visión de Mokyr[24]. En primer lugar, aceptaremos que la tecnología consiste en *cómo producir* bienes y servicios, por lo que tiene que ver con la producción. Esto nos permite definir inicialmente la tecnología como "la capacidad para controlar y manipular los recursos y las personas con fines productivos"[25]. Pero por otro lado, la tecnología no afecta sólo a la forma en que se organizan las personas, al tiempo que tiene mucho que ver con el volumen disponible de conocimientos y de información. Desde esta perspectiva, debemos definir la tecnología como el conjunto de

---

[23] Véase MAJCHRZAK (1988) para una interesante discusión acerca de cómo el conjunto del comportamiento y el capital humano son una parte inextricable y crítica, incluso de tecnologías en principio completamente independientes del factor humano como los procesos de automatización de la producción.

[24] MOKYR (1990), pp. 11–12.

[25] Aunque Mokyr no lo explicita, de sus palabras se deduce que con los términos control y manipulación está haciendo referencia a la organización y coordinación en el seno de un proceso productivo determinado. Respecto a las personas no podemos interpretar nada más allá, a pesar de las posibles interpretaciones de los verbos controlar y manipular.

Universidad de Huelva 2009

información disponible en la sociedad acerca de las relaciones existentes entre inputs y outputs[26].

La tecnología determina, por tanto, la capacidad para producir de que dispone cada economía, convirtiéndose así en elemento fundamental para distinguir entre países ricos y pobres a través de la simple comparación de la tecnología disponible en cada uno. Esta última afirmación, puede reforzarse si aceptamos que la creatividad tecnológica "ha sido un ingrediente fundamental del crecimiento económico"[27]. Es decir, existe una fuerte interconexión entre la tecnología y la economía.

La existencia de una relación de interdependencia entre los aspectos estrictamente económicos y los puramente técnicos puede derivarse de la concepción marxista de la evolución de la economía, en la que la lógica capitalista no sólo demanda invenciones que le permitan sustituir trabajo por capital, sino que además determina la aplicación de la ciencia y de la técnica para la obtención de dichas invenciones[28].

En este aspecto, la posición de Schumpeter no está clara. Consideraba que la innovación era una importante fuerza endógena de cambio económico, al tiempo que mantuvo inicialmente[29] que las actividades científica e inventiva quedaban al margen del sistema económico, para acabar considerando en su obra cumbre[30] que tanto la ciencia como la

[26] STONEMAN (1983), p. 3.

[27] MOKYR (1990), p. 17.

[28] LE BAS (1981), p. 11.

[29] SCHUMPETER (1912).

[30] SCHUMPETER (1942).

Universidad de Huelva 2009

invención eran actividades endógenas al sistema económico[31]. Fueron dos reconocidos "antischumpeterianos" quienes expresaron, mucho más recientemente, esta interdependencia de forma clara y precisa.

Schmookler, en una investigación sobre la existencia de fuentes económicas para la actividad inventiva, concluyó que el progreso tecnológico es íntimamente dependiente de los fenómenos[32]. Además, encontró una correlación entre los ciclos económicos (fluctuaciones de la producción y de la inversión) y la actividad inventiva medida a través de la actividad patentadora; ambas seguían ciclos semejantes, aunque con cierto desfase. La razón era que la inversión en investigación dependía de las expectativas sobre la tendencia del mercado del producto que incorpora la innovación[33].

Por otro lado, Usher planteó un estudio sobre la relación existente entre el cambio técnico y la formación de capital. Como resultado del mismo, rechaza abiertamente la visión trascendental de la innovación como resultado de la inspiración del genio o del científico, tan arraigada en

---

[31] Puede verse una discusión crítica de este cambio de actitud de Schumpeter en FREEMAN, CLARK Y SOETE (1985), quienes hablan de dos modelos schumpeterianos de innovación y en ROSENBERG (1994), pp. 51–52.

[32] "Los indicios existentes sugieren que la sociedad puede en realidad afectar la asignación de los recursos destinados a la invención mediante el mecanismo del mercado, de modo similar a la manera en que afecta la asignación de recursos económicos en general". SCHMOOKLER (1962), p. 107.

[33] "... las pruebas existentes sugieren con fuerza que la producción de un bien y la invención con él relacionada varían juntas, y que la invención tiende a retrasarse. La relación no puede explicarse por la hipótesis de que las variaciones de la invención generen las de la producción. Por el contrario, parece probable que las ganancias esperadas de la invención... se asocien positivamente con las ventas". SCHMOOKLER (1962), p. 123.

Universidad de Huelva 2009

Schumpeter[34]. Por el contrario, considera que la invención es el resultado de una actividad deliberada, que requiere conocimientos específicos además de la destreza técnica y profesional. En este sentido, afirmaba que toda invención mayor surgía como resultado de un cúmulo y síntesis de innovaciones menores, relativamente simples. Por ello, distinguía cuatro etapas en el proceso de generación de cualquier invención[35]:

1. La percepción de un problema no resuelto o de la existencia de un patrón poco satisfactorio.
2. La formalización del problema o preparación del escenario en el que acabará teniendo lugar la investigación, paso previo a la investigación propiamente dicha.
3. El acto de conocimiento o la solución del problema.
4. La revisión y el desarrollo críticos.

Aparentemente en estas cuatro etapas prevalece una visión lineal del proceso de innovación, que, recordemos, es una concepción claramente schumpeteriana. No obstante, puede llegarse fácilmente a un modelo sistémico si de la cuarta etapa surgen fuerzas capaces de volver el proceso a una de las etapas anteriores, es decir, a la toma de conciencia, bien de un nuevo problema, de un problema no considerado anteriormente, o bien de uno mal resuelto. Por otro lado, es en la primera y cuarta etapas, y en el proceso de vuelta a la primera, en las que la influencia de los aspectos

[34] Véase RUTTAN (1959) para una discusión crítica de las diferencias entre Schumpeter y Usher.

[35] USHER (1955), p. 43.

Universidad de Huelva 2009

económicos es mayor. Así, puede entenderse como la toma de conciencia de un problema la necesidad de nuevos procesos de producción más eficientes en los costes, o menos contaminantes o de nuevos productos que satisfagan nuevas necesidades, que reduzcan el consumo de energía o que sean reciclables.

Usher no niega que las empresas, al elegir entre distintas invenciones o distintas tecnologías disponibles, están compatibilizando la actividad inventiva o creativa con la lógica socioeconómica y la racionalidad en la asignación de los recursos. Pero no es posible derivar que sea en este momento en el que se le otorga un marchamo económico a la invención, resultado de una actividad que, anteriormente era puramente científica. Dicha actividad científica y su fruto, la invención, estaban determinadas desde el principio por la detección de la necesidad de un nuevo proceso productivo o de un nuevo producto, o por la aparición de un problema que se pretendía solucionar con la innovación, para lo que se realizó una actividad científica y técnica.

Es decir, se está ejerciendo un control social desde el principio del proceso de innovación a través de la presencia, de forma decisiva, de normas socioeconómicas. Estas normas modelan el proceso de creación científica y técnica, por lo que no es una esfera libre, por encima de las contingencias sociales y económicas, en la que se generan las invenciones que posteriormente pasan a la esfera socioeconómica para ser así apropiadas socialmente.

Una vez definidos los conceptos de innovación y de tecnología, podemos definir la innovación tecnológica como la creación o

Universidad de Huelva 2009

modificación, a partir del conocimiento sistematizado, de un producto, herramienta, artefacto, mecanismo o método, aplicado a la satisfacción de necesidades humanas. Se trata más de un proceso que he un hecho puntual. En este proceso, la característica fundamental es la incertidumbre y por tanto el riesgo es un elemento inherente. El riesgo y la incertidumbre sólo desaparecen una vez ha llegado el momento puntual en el que la innovación se materializa. En este sentido, el proceso de innovación puede entenderse como un ejercicio de gestión y reducción del riesgo[36].

b) Aspectos taxonómicos.

Si debiésemos destacar una característica de la innovación tecnológica, sin duda resaltaríamos la variedad de vías y formas en que puede presentarse. Esta variedad justifica una aproximación taxonómica, a pesar de las dificultades y limitaciones inherentes a toda clasificación. Encontramos una primera tipología de la innovación en la obra de Schumpeter, quien distinguía cinco casos diferentes[37].

1. La introducción en el mercado de un nuevo bien [o servicio] que los consumidores no conocen o con el cual no están familiarizados.

2. La utilización de un nuevo método de producción, que no necesita fundamentarse en un nuevo descubrimiento científico, o bien de una nueva forma de tratar comercialmente un producto determinado.

---

[36] "... the process of innovation is an exercise on the management and reduction of uncertainty". KLINE y ROSENBERG (1986), p. 275.

[37] SCHUMPETER (1912), p. 77.

Universidad de Huelva 2009

3. La apertura de un nuevo mercado en un país [o región] determinado para la industria de que se trate, tanto si ya existía como si no.

4. La conquista de una nueva fuente de suministro de materias primas o de productos semielaborados, tanto si esta fuente existía ya, como si no.

5. La implantación de una nueva estructura en el mercado, por ejemplo la creación de una posición de monopolio o bien la destrucción de una posición de monopolio previamente existente.

Sin embargo, al abordar la clasificación de las innovaciones tecnológicas, las distinciones más frecuentes son las que se realizan entre innovación de producto y de proceso, atendiendo al uso al que se destina la innovación, y entre innovación incremental y radical, en función de la relación que guardan con los elementos a los que mejoran o reemplazan.

Una innovación es de proceso si es adoptada como un instrumento para cualquier otro fin, como por ejemplo mejoras en la producción o en la gestión. Por el contrario, nos encontramos con una innovación de producto cuando se trata de un elemento terminal tanto para sus creadores como para sus usuarios. No obstante, esta distinción es altamente relativa. Así, una maquinaria o un sistema de logística son innovaciones de producto para la empresa que los produce o desarrolla, mientras que son innovaciones de proceso para la empresa que los incorpora a su sistema productivo. Por otro lado, la mejora en el sistema de control de la tracción de un vehículo todo terreno será una innovación de proceso si es empleado en una explotación agrícola para las diferentes necesidades de la actividad productiva, pero

Universidad de Huelva 2009

sería una innovación de producto si se utiliza para hacer excursiones en la naturaleza durante el tiempo libre[38].

Una innovación es incremental si puede ser implementada simplemente con adaptaciones menores de las rutinas organizacionales existentes y es compatible con las normas y valores existentes de los miembros de la organización. Será radical si su introducción requiere el desarrollo de rutinas completamente nuevas y, frecuentemente, también modificaciones en la normativa y el sistema de valores de los miembros de la organización[39]. De nuevo se trata de una distinción de importancia relativa. De hecho, los efectos acumulados sobre la reducción de los costes

[38] De hecho, FREEMAN (1974), pp. 81–114, en un estudio de las industrias de materiales sintéticos, comprobó que existe una estrecha relación entre las innovaciones de proceso y de producto. Se da una dependencia hasta el punto que en ocasiones se desarrollan nuevos procesos para conseguir no sólo nuevos productos, sino también los componentes intermedios necesarios para su fabricación.

Por otro lado, SIMONETTI, ARCHIBUGI y EVANGELISTA (1995) encontraron que para definir una innovación como de producto o de proceso es posible atender a criterios como la opinión de expertos, la declaración de los empresarios que las generan o adoptan, la perspectiva del sector de procedencia, del sector de uso o las características tecnológicas intrínsecas. En este marco analizaron las innovaciones contenidas en la base de datos de la Scienci Policy Research Unit de la Universidad de Sussex y encontraron que sólo en un 3% de los casos las innovaciones podían clasificarse como de producto o de proceso inequívocamente por todos los criterios; en el 97% restante se estaba en una "zona gris" puesto que su clasificación variaba en función del criterio adoptado.

[39] "We define *routine innovation* as the process of introducing 'something' that can be implemented with only minor adaptations of existing organizational routines and that fits within the existing norms and values of organization members. *Radical innovation* is the process of introducing something that is new to the organization and that requires the development of completely new routines, usually with modifications in the normative beliefs and value systems of organization members". NORD, W. R. y TUCKER, S. (1987): *Implementing routine and radical innovations*. Lexington Books. Lexington, MA. P. 41. Citado en TORNATZKY y FLEISCHER (1990), p. 18.

Universidad de Huelva 2009

y los incrementos de productividad de las innovaciones incrementales llegan a ser más importantes que los de las innovaciones radicales[40].

Dada la importancia de las innovaciones incrementales, el carácter más o menos radical de las innovaciones puede ser una cuestión de grado, lo que parece requerir una clasificación más detallada. Con las lógicas reservas y limitaciones inherentes a toda clasificación, adoptaremos una que parte de la consideración de las innovaciones como el resultado de la combinación de varios elementos entre los que se encuentran el acceso a las fuentes del conocimiento, el nivel tecnológico previamente alcanzado, la apropiabilidad de los resultados de la innovación y las oportunidades tecnológicas existentes en cada caso concreto. Estos elementos constituyen el marco en el que las innovaciones tienen lugar y sus posibles resultados son muy variados. Para referirse a este marco se han empleado diversos términos, que van desde trayectorias tecnológicas hasta paradigmas tecnoeconómicos, pasando por paradigmas tecnológicos y regímenes tecnológicos. Más adelante, en este mismo capítulo, prestaremos atención a la comparación de estos conceptos. Por el momento nos limitamos a incorporar la clasificación realizada por Freeman y Perez[41], en función de la intensidad o la "radicalidad" de la innovación o cambio tecnológico.

1. En primer lugar, *las innovaciones incrementales*. Surgen continuamente aunque de forma aleatoria. Son el resultado de multitud de posibles elementos, como el aprendizaje por el uso o la experiencia, el mejor uso

[40] Véase HOLLANDER (1965) para un detallado estudio de los efectos de las innovaciones incrementales y los de las radicales en las fábricas de rayón de Dupont en EE.UU.

[41] FREEMAN y PEREZ (1988), pp. 45–47. Una clasificación semejante la encontramos en ARCHIBUGI (1988), pp. 260–262.

Universidad de Huelva 2009

de los factores, las presiones de la demanda y factores socioculturales, entre otros. Combinados con el aumento en la escala de la planta y de mejoras en el equipamiento y en la calidad de los bienes y servicios pueden llegar a tener efectos extremadamente importantes en el crecimiento de la productividad. Estos efectos, que pasarían desapercibidos al producirse muy gradualmente, se ven reflejados en cambios en los coeficientes de las tablas input–output para los productos existentes[42].

2. Las *innovaciones radicales* constituyen el segundo tipo. Se producen de forma discontinua en el tiempo y son el resultado de una búsqueda deliberada. Aunque no surgen como respuesta a las depresiones, sí que son un buen "antídoto" para las mismas.

3. La combinación de innovaciones radicales e incrementales produce el tercer tipo, los *cambios en el sistema tecnológico*[43]. Estos cambios afectan a varios sectores y pueden incluso hacer surgir sectores productivos nuevos.

4. Por último, las *revoluciones tecnológicas*. Influyen en el conjunto de la economía, puesto que suponen la combinación de cambios en los sistemas tecnológicos junto con innovaciones radicales e incrementales. Se trata de cambios en el paradigma tecnoeconómico[44], que permitirían explicar los ciclos largos de Schumpeter y los vendavales de destrucción

[42] FREEMAN y PEREZ (1988), p. 46.

[43] Como veremos más adelante, este concepto es aproximado al de paradigma tecnológico de DOSI (1982).

[44] O en el concepto aproximado de régimen tecnológico. Véase NELSON y WINTER (1982) y WINTER (1984) para una descripción de este concepto.

Universidad de Huelva 2009

creadora como sucesión de paradigmas tecnoeconómicos, asociados con un marco institucional característico, que emergen tras un doloroso proceso de cambio estructural.

Para entender esta clasificación debe tenerse en todo momento presente la secuencia temporal en que las distintas innovaciones se van introduciendo en la economía a partir del momento en que fueron desarrolladas. Mientras las incrementales lo hacen de manera inmediata en cada empresa y de forma continua en aquellas que aciertan a imitarla, cuanto mayor sea el calado de la innovación mayor es la gradualidad con la que se va introduciendo y más dilatado el período que debe transcurrir desde su desarrollo hasta que se generaliza su uso. Esto se explica en parte por las resistencias que encuentra en la inercia de la tecnología previamente establecida y en parte por la incertidumbre y el riesgo asociados a la nueva.

Pero estas clasificaciones atienden sólo a aspectos concretos, no son generales. Desde una perspectiva general, las innovaciones pueden clasificarse como sigue[45]:

a) Cambio tecnológico–no tecnológico: son tecnológicas las innovaciones que se traducen en herramientas y artefactos; las innovaciones en la organización de producción son innovaciones no técnicas que tienen fuerte impacto económico y social.

b) Producto–proceso: aunque la distinción teórica resulta obvia, a efectos prácticos es difícil trazarla con nitidez. De un lado porque muchas innovaciones de producto requieren disponer previamente de

[45] VEGARA (1989), pp. 18–19.

Universidad de Huelva 2009

innovaciones de proceso. De otro, porque un nuevo producto puede formar parte de un proceso para producir otros productos. En realidad sólo puede trazarse claramente para productos destinados exclusivamente al consumo final.

c) Radicales–incrementales: en función de la novedad técnica o por las dimensiones de sus impactos y según estos surjan de forma brusca o gradual, respectivamente.

d) Incorporadas–no incorporadas: las incorporadas van asociadas a productos o bienes de equipo, mientras que las no incorporadas no lo están, se trata por ejemplo de metodologías.

Hay otras clasificaciones más complejas, que utilizan no sólo categorías sino también subcategorías. Describimos a continuación dos de ellas. En primer lugar, para Braun las innovaciones se pueden clasificar atendiendo a cuatro dimensiones, dentro de cada una de las cuales hay varias alternativas. Así tenemos[46]:

a) Según el *objeto* o la finalidad sea la obtención de un nuevo:
- Producto.
- Proceso.
- Metodología de fabricación.

b) Según el *tipo de mercado* en el que se introduzca:
- Consumidor.
- Pequeño capital.

[46] BRAUN (1986).

Universidad de Huelva 2009

– Gran capital.

c) Según el *grado de novedad* respecto a las tecnologías existentes:

– Radical, si utiliza un principio científico nuevo y/o representa una ruptura en relación con las tecnologías anteriores.

– Incremental, si representa una mejora técnica relativamente pequeña, sin modificar la esencia de una tecnología.

d) Según el *significado económico* o repercusión en el sistema económico[47]:

– Básica.

– Mejora.

Por último, una clasificación que presta además atención a la perspectiva histórica en que la innovación tuvo lugar[48]:

a) Según la *naturaleza* de la innovación desde la perspectiva histórica que destaca la etapa en que cada tipo de tecnología fue dominante o estuvo en el núcleo del cambio técnico:

– Mecanización, entre finales del siglo XVII y siglo XIX.

– Estandarización y especialización.

– Automatización.

– Computerización.

– Robotización.

b) En función de la *orientación* de la innovación:

[47] Nótese la correspondencia de esta dicotomía, en el terreno estrictamente económico, con la anterior, en un contexto puramente técnico.

[48] ROSEGGER (1986).

Universidad de Huelva 2009

– De producto.

– De proceso.

c) Según el *grado de novedad* que presenten:

– Primarias o básicas (radicales).

– Derivadas o menores (incrementales).

d) Según los *efectos sobre las cantidades relativas de factores* que se emplean en el proceso productivo:

– Neutrales.

– Ahorradoras de trabajo (labor–saving).

– Ahorradoras de capital (capital–saving).

e) Según *necesiten materializarse en un medio físico* o no:

– Incorporadas, cuando se plasman en un nuevo objeto, maquinaria o artefacto.

– No incorporadas, cuando no necesitan asociarse a ningún medio físico

Obviamente, estas clasificaciones no son excluyentes, sino más bien se complementan unas a otras. Por otro lado, las diferencias entre unas y otras se deben a los diferentes matices de la tecnología que cada una prioriza sobre los demás. Algunos de los elementos de estas clasificaciones por los que hemos pasado someramente son objeto de tratamiento más detallado en este mismo capítulo. En cualquier caso, debemos aceptar con Basalla que no es posible elaborar una teoría general de la innovación. Y ello debido a la dificultad para sintetizar la racionalidad de la ciencia con elementos irracionales como el juego, la fantasía o la inspiración y por otro lado la lógica maximizadora de la economía con la amalgama de elementos

Universidad de Huelva 2009

sociales y culturales. Sin embargo, todos estos elementos, en distintas proporciones según los casos, forman parte de la innovación[49].

1.1.2. La noción de progreso técnico.

Acabamos de concluir que, como resultado de la actividad científica e investigadora y su interacción con los diversos factores económicos surgen, a medida que transcurre el tiempo, nuevas soluciones que permiten bien afrontar problemas nuevos, bien mejorar la respuesta dada a un problema antiguo, o bien resolver problemas que hasta ese momento habían permanecido irresolubles. Como resultado de las innovaciones nos encontramos con un cambio técnico en la medida en la que disponemos de nuevas soluciones para enfrentarnos a los problemas planteados por la actividad productiva, o podemos obtener nuevos productos para satisfacer las necesidades humanas. Pero, en la medida en que esas nuevas soluciones sean, en función de algún criterio, comparativamente mejores que las anteriormente existentes, o permitan resolver nuevos problemas o problemas antes no resueltos, encontraremos también un progreso técnico como resultado de las innovaciones.

a) Una descripción teórica del concepto.

El abordar una definición teórica del progreso técnico constituye una labor harto difícil. La dificultad proviene de que tal teoría "habría de englobar la irracionalidad de lo lúdico y fantástico, la racionalidad de lo científico, el materialismo de lo económico y la diversidad de lo social y

[49] BASALLA (1988), p 166.

Universidad de Huelva 2009

cultural[50]. Una definición más precisa del progreso técnico debe fundamentarse en la lógica del cálculo económico. Así, el progreso tecnológico estará formado por conocimientos de diversa índole que, a partir de una cantidad dada de recursos productivos, permiten obtener bien un mayor volumen de producción total, bien una producción total cualitativamente superior, bien ambas cosas a la vez[51].

Sin embargo, en el seno de la teoría económica es habitual que el análisis del progreso técnico se centre en el primero de los aspectos que acabamos de señalar. Es decir, en la capacidad para incrementar el volumen de producción total[52]. Desde esta concepción, el progreso técnico está íntimamente ligado al crecimiento de la productividad de un factor determinado o del conjunto de los factores de la producción. Habitualmente definido en términos macroeconómicos, esto significa que aumenta la capacidad productiva de la economía sin que cambie su dotación de factores de la producción[53]; es decir, se desplaza hacia fuera su curva de transformación. En términos microeconómicos, vendría representado por una disminución de los costes de producción, representados gráficamente por un desplazamiento hacia abajo de las curvas de costes o hacia el origen

[50] ROSENBERG (1982), p. 17.

[51] *Ibidem*. Nótese que la expresión "conocimientos de diversa índole" encierra todos los matices de heterogeneidad y diversidad inherentes al cambio y por tanto al progreso técnico.

[52] Podemos aceptar que hasta fechas muy recientes, Kuznets y Schumpeter constituyen las excepciones a esta aproximación parcial y limitada, aunque relativamente simple y fácil, por otro lado. Véase ROSENBERG (1982), pp. 19–21 para una discusión más detallada.

[53] "En première approximation, le progrès technique peut être considéré comme un facteur qui permet d'augmenter la production globale, les quantités de travail et de capital restant inchangées". LECAILLON (1969), p. 67.

Universidad de Huelva 2009

de las isocuantas de la función de producción[54], puesto que disminuyen las necesidades de input por unidad de output. Como resultado, *ceteris paribus*, aumentaría la rentabilidad empresarial.

Esta definición de progreso técnico deja al margen aquellas innovaciones que suponen un nuevo producto o servicio de consumo o una mejora de la calidad de los mismos, sin que necesariamente conlleven un aumento de la productividad. Sin embargo, nuevos productos o una mejora cualitativa de los ya existentes generarían un aumento de la satisfacción o bienestar de los consumidores aún cuando la productividad permaneciese constante. Desde la lógica del cálculo económico, este aumento del bienestar de los consumidores supone un progreso respecto a la situación anterior[55]. Sería erróneo aceptar sin más esta limitación, por el simple hecho de que la productividad aparente de los factores es un concepto relativamente fácil de medir frente a la práctica imposibilidad de medir la satisfacción o bienestar de los consumidores[56].

Tomando en consideración cuanto acabamos de ver, definiremos el progreso técnico como el resultado sobre el sistema económico (o sobre una empresa, desde una perspectiva microeconómica) de los efectos acumulados de la sucesión de innovaciones a lo largo del tiempo. En dichas innovaciones incluimos no sólo aquellas que generan un aumento en la

[54] SALTER (1960), pp. 56–57 y 66.

[55] Ya en MANDI (1967), p. 54 se insiste en la necesidad de incluir en el progreso técnico los nuevos productos de consumo y las mejoras en los existentes. En esta línea, LE BAS (1981), pp. 18–19 *manifiesta su preferencia por la noción de cambio técnico en vez de la de progreso* técnico, para considerar también aquellas innovaciones que no mejoran la productividad.

[56] "Ignorar ...la innovación del producto y las mejoras cualitativas del mismo es ignorar lo que *puede haber sido la contribución más importante, a largo plazo, del progreso técnico al bienestar* humano". ROSENBERG (1982), p. 18.

Universidad de Huelva 2009

productividad, sino también aquellas otras que, a pesar de no tener dicho efecto sobre la productividad, suponen la aparición de nuevos productos o un cambio cualitativo en los existentes, que permiten la mejor satisfacción de las necesidades de los individuos y por tanto aumentan su satisfacción y el bienestar social.

Recordemos que hemos establecido como elemento crucial para poder hablar de innovación la supervivencia en el mercado del nuevo bien (de capital o de consumo) o servicio y que consideramos que se produce progreso técnico cuando aumenta la productividad de los factores y/o el bienestar social. Podemos por tanto admitir que el progreso técnico surge a medida que se generaliza el uso en el sistema productivo de las innovaciones y no cuando éstas son puestas por primera vez en el mercado[57].

Esto significa que la difusión de las innovaciones es, si cabe, más importante que su generación. Dicho de otro modo, la difusión en un sector productivo o en una economía de una innovación, ya disponible en otro sector o en otra economía, debe considerarse también como innovación, por lo que generará progreso técnico. Este último hecho resalta la importancia crucial que tiene el objeto central de la presente Tesis Doctoral analizar la difusión de la tecnología en la economía y el nivel de contenido tecnológico por ella alcanzado, así como su evolución en el tiempo.

[57] Ya GILFILLAN (1935) introdujo la idea de progreso técnico como un aumento regular de innumerables mejoras menores y modificaciones, con sólo muy frecuentes innovaciones principales. No obstante, se centraba en los aspectos sociales del progreso técnico, no en los económicos. Citado en ROSENBERG (1982), p. 20.

Universidad de Huelva 2009

Aunque semánticamente cambio técnico y progreso técnico sean dos conceptos diferentes por los matices que acabamos de señalar, al utilizarlos en lenguaje económico dichas diferencias se obvian. Así, se emplea preferentemente la expresión cambio técnico, que incorpora todos los matices que hemos señalado del progreso. El cambio tecnológico es por tanto el cambio en el volumen (stock) de conocimientos e información. O lo que es lo mismo, el proceso por el cual las economías cambian en el tiempo con relación a los bienes y servicios que producen y los procesos empleados para producirlos[58]. Parece, por tanto, que debemos aceptar la heterogeneidad como una característica fundamental del cambio técnico.

El progreso técnico o el desarrollo de una innovación, no son el resultado inmediato de una única acción. Sólo surgen de un dilatado proceso en el que hay multitud de pasos intermedios o etapas. En cada una de ellas existen interrelaciones entre diferentes agentes económicos, por lo que inercia e incertidumbre las convierten en barreras potenciales a la innovación. El que se superen o no estas barreras, depende de tres elementos cruciales[59]. El primero de ellos es tecnológico y tiene que ver con el conjunto de la comunidad científica. El segundo es el mercado y tiene que ver con los competidores (qué están haciendo), los reguladores (qué pueden hacer) y los consumidores (cómo evolucionan sus pautas de consumo). El último de estos tres elementos es el proceso productivo y guarda relación con la forma en que la innovación afecta al entorno de la

[58] "...technological change is a change in the economy's information set detailing the relationships between inputs and outputs in the economy. To be more concrete, technological change is the process by which economies change over time in respect of the products they produce and the processes used to produce them". STONEMAN (1983), p. 3.

[59] ROBERTS (1979).

Universidad de Huelva 2009

planta y el capital existentes, a los materiales empleados y su aprovisionamiento, a las cualificaciones de los trabajadores, a los procesos de producción y a los mecanismos de actualización y adaptación de las actividades.

En todo caso debemos entender que el cambio técnico y la innovación hacen referencia a toda una amalgama de situaciones y casos concretos muy variados. De acuerdo con un estudio empírico realizado para la industria española, "no existe una relación unívoca entre sectores productivos y modelos de innovación... [aunque] en determinados sectores predomine un modelo principal"[60]. Las posibles formas que adopte la actividad innovadora y el progreso técnico en cada situación son muy variadas.

b) Carácter acumulativo y dependencia de la trayectoria del cambio técnico.

Pero además de preguntarnos por qué es lo que entendemos por progreso o cambio tecnológico, resulta igualmente interesante interrogarnos acerca de la forma en que crece el volumen disponible de conocimientos científicos y tecnológicos a lo largo del tiempo y, por otro lado, cuáles son los factores que influyen en dicho crecimiento y en qué dirección lo hacen. Al plantearnos estas cuestiones surge como respuesta muy plausible el carácter acumulativo y la dependencia de la trayectoria temporal pasada seguida por dicho stock de conocimientos[61].

---

[60] BUESA y MOLERO (1993), pp. 59–60.

[61] "... I will argue that the main features of the understood by a systematic examination of the

Universidad de Huelva 2009

En el análisis de la dependencia de la trayectoria y el nivel alcanzado en el pasado encontramos dos contribuciones especiales, Paul A. David quién formuló de forma precisa y rigurosa el concepto y Nathan Rosenberg, quién ha aportado un detallado análisis de diversos casos a partir de la historia de la ciencia y la historia económica. Para David, existe dependencia de la trayectoria cuando no es posible descubrir lo lógico (o ilógico) de un fenómeno sin comprender como llegó al punto en que actualmente se encuentra. Existe dependencia de la trayectoria en una secuencia de cambios económicos cuando en el eventual resultado de dicha secuencia ejercen importantes influencias eventos remotos en el tiempo, incluyendo acontecimientos dominados por elementos de azar más que por fuerzas sistemáticas. En estas, los "accidentes históricos" no deben ni ignorarse ni ser puestos en cuarentena al objeto del análisis económico; el proceso dinámico tiene en sí mismo un carácter esencialmente histórico[62].

Así, podemos encontrar una justificación económica para la existencia de dependencia de la trayectoria entre tecnologías que compiten entre sí atendiendo a la evolución de los rendimientos esperados de su adopción. Si para un adoptante potencial el valor actualizado neto de la corriente de

---

earlier history out of which it emerged. There is, as I intend to show, a strong degree of path dependence in the sense that one cannot demonstrate the direction or path in the growth of technological knowledge merely by reference to certain critical conditions. Rather, the most probable directions for future growth in knowledge can only be understood within the context of the particular sequence of events which constituted the history of the system". ROSENBERG (1994), p.10.

[62] "It is sometimes not possible to uncover the logic (or illogic) of the world around us except by understanding how it got that way. A path-dependent outcome can be exerted by temporally remote events, including happenings dominated by chance elements rather than systematic forces ... In such circumstances 'historical accidents' can neither be ignored, or neatly quarantined for the purposes of economic analysis; the dynamic process itself takes on an essentially historical character". DAVID (1985), p. 332.

Universidad de Huelva 2009

beneficios que espera obtener de la versión disponible de cada una de las tecnologías depende, entre otros factores, del número de adoptantes previos de cada tecnología, existirá dependencia de la trayectoria[63].

Por otro lado, a partir de los diversos trabajos de Rosenberg, podemos señalar las cuatro fuentes de dependencia de la trayectoria que describimos a continuación: restricciones del conocimiento científico al avance tecnológico, dependencia entre conocimiento científico y tecnología instrumental, la viabilidad comercial de los productos en que se transforman los nuevos conocimientos y la determinación de las actividades científicas para responder a las necesidades, dificultades y problemas encontrados en la actividad tecnológica[64].

De forma resumida y general, puede aceptarse que las "trayectorias" tecnológicas seguidas en el pasado dejan una profunda huella en el presente en una amplia variedad de vías. Estas sirven para definir las "posibilidades tecnológicas" al facilitar progresos adicionales en determinadas direcciones, pero no en otras. En este mismo contexto, cuando tiene lugar un avance mayor en el conocimiento se abren nuevos territorios

[63] ARTHUR (1989), p. 117–118.

[64] Aunque es Rosenberg quien describe de forma más precisa estas formas de dependencia de la trayectoria, pueden verse también en otros trabajos. Entre ellos destacamos los de ARTHUR (1989) en el caso de competencia entre diversas tecnologías y los de DAVID (1985 y 1988) en su formulación general. Encontramos además en MOWERY y ROSENBERG (1998) un estudio muy reciente de la evolución de los tres clusters que han caracterizado la tecnología de los Estados Unidos en el siglo XX: el motor de combustión interna, la química y la electricidad, que incluye la electrónica (semiconductores, ordenadores y microprocesador) y concluye con la industria del software. No obstante, a pesar del gran interés que supone este trabajo como análisis de la historia de la tecnología, los elementos de la dependencia de la trayectoria se presentan de forma dispersa en multitud de ejemplos.

Universidad de Huelva 2009

tecnológicos para la exploración, liberando así a la economía de las restricciones del pasado[65].

De hecho, en muchas ocasiones la aparición de innovaciones tecnológicas ha generado la creación de nuevas industrias dedicadas a la fabricación de productos completamente nuevos[66]. Así, podemos decir que cada una de las innovaciones mayores constituyen un clúster tecnológico o línea de investigación en la que se producirán numerosas innovaciones menores cuyo carácter incremental modificará profundamente la innovación inicial.

Estos clúster presentan tres importantes características comunes[67]. En primer lugar su "penetrabilidad"; es decir, su capacidad para difundir su uso al conjunto de la economía y generar así un importante efecto económico a medio y largo plazo. Por otro lado, son altamente intensivos en investigación y desarrollo (I+D), entendida en un sentido amplio y no restringido a los límites de la ciencia[68]. Por último, generan una secuencia de mejoras y refinamientos posteriores[69]. Los importantes efectos económicos y la penetrabilidad antes aludidos no tienen lugar a partir del

---

[65] ROSENBERG (1994), p. 17.

[66] De hecho, la tecnología ha sido tan importante como la ciencia y en muchas ocasiones ha ido por delante. Como reconocen MOWERY y ROSENBERG (1998), p. 4, este hecho ya fue destacado por KUZNETS, S. (1930): *Secular Movements in Production and Prices*, Houghton Mifflin, Boston, y por BURNS, A. F. (1934): *Production trends in the U.S. since 1870*, National Bureau of Economic Research, New York.

[67] MOWERY y ROSENBERG (1998), p. 8.

[68] Son ejemplos típicos la siderometalurgia, y en especial sus aplicaciones a la industria del automóvil y la aeronáutica, a las que debieron proveer de materiales resistentes en condiciones extremas de presión y temperatura. Véase MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 47–70 para un análisis más detallado de estos casos.

[69] Es especialmente en este sentido en el que se dice que crean nuevas líneas de investigación.

Universidad de Huelva 2009

diseño inicial, sino a medida que estas mejoras y refinamientos van tomando cuerpo[70].

Esta dependencia puede darse en múltiples direcciones y a través de diversas vías. En primer lugar, el nivel alcanzado por el cuerpo actualmente disponible de conocimientos científicos impone ciertas restricciones acerca de qué es tecnológicamente posible, es decir, determinan las alternativas tecnológicas que es posible tomar dentro de los límites impuestos por el nivel alcanzado por el mencionado conocimiento[71]. Esta limitación proviene del coste en que hay que incurrir para obtener la información necesaria para llevar a la práctica (generar o adoptar) una innovación. Como resultado, gran parte de los gastos de I+D en las economías occidentales están orientados a reducir los costes mencionados de adquisición de la información, tanto fomentando el desarrollo experimental como facilitando la incorporación (adopción-imitación) de tecnologías generadas en otras áreas. Este hecho debilita dos supuestos básicos de la visión neoclásica del cambio tecnológico.

---

[70] Puede verse en MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 103–121 un interesante estudio de cómo pasó un importante lapso de tiempo desde que se descubriese la capacidad de generar y transportar energía eléctrica hasta que se adoptara de forma generalizada como fuente de energía industrial y doméstica.

[71] Por supuesto que resulta extremadamente difícil plantear el nivel de conocimientos científicos como una magnitud cuantificable. Sin embargo resulta evidente que existe una relación directa entre el volumen de conocimientos científicos y la capacidad para adquirir información acerca de alternativas tecnológicas que actualmente no se posee. Aunque no elimina los costes de adquisición de dicha información si que al menos, todo lo demás constante, los reduce. En cualquier caso, debe quedar presente la imposibilidad de obtener la información más necesaria y no disponible sin coste alguno. Además, leyendo a ARROW (1969), p. 34 debe entenderse la tecnología como una información que no está libremente disponible.

Universidad de Huelva 2009

En primer lugar, hace dudar de la posibilidad de trazar una línea de distinción precisa entre sustitución de factores y cambio técnico; por otro lado, rechaza la visión del conocimiento científico como una fuente gratuita de posibilidades de elección tecnológica para las empresas[72].

Se trata pues de una dependencia de la trayectoria pasada que condiciona la asignación de los gastos de I+D. Esta dependencia se ve acentuada desde el momento en que los esfuerzos están orientados a mejorar los productos y procesos ya existentes en vez de a generar otros completamente nuevos. Desde esta perspectiva, las actividades presentes vendrán "impuestas" en gran medida por el conocimiento científico y tecnológico "heredado" del pasado, junto con el que influenciarán fuertemente las actividades futuras. Dicho de otro modo, las tecnologías existentes disponen de una serie de mecanismos que envían señales acerca de en qué direcciones resultará útil el esfuerzo científico y tecnológico llevado a cabo. Se trata de pequeñas mejoras incrementales dentro del marco establecido por la tecnología existente. Aunque tomadas individualmente no tienen demasiada importancia, el efecto acumulativo puede llegar a ser extraordinario y las modificaciones sobre el diseño original de gran calado. Cuando surge un producto o un proceso completamente nuevo aparece un nuevo marco en el que tendrán lugar

[72] ROSENBERG (1994), p. 13. Véase MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 124–135 para un ejemplo de cómo el desarrollo de los semiconductores y los circuitos integrados no hubiese sido posible sin los conocimientos previos, obtenidos a partir de la investigación básica, sobre la física de sólidos.

Universidad de Huelva 2009

sucesivas mejoras acumulativas de importancia menor a lo largo del tiempo[73].

Por otro lado, las posibilidades de avance en el conocimiento científico en determinados campos son fuertemente dependientes del progreso tecnológico en campos afines. Esto es especialmente cierto en aquellos campos en que el uso de instrumentos científicos sea crucial para la obtención de resultados satisfactorios en el curso de la investigación. Estos instrumentos científicos (fundamentalmente de observación y medición) son el resultado de sucesivas mejoras tecnológicas. Su disponibilidad condicionará por tanto en gran medida la dirección y el ritmo de la investigación y la evolución en el conocimiento científico[74].

Encontraremos así una dependencia en la trayectoria en doble sentido. Por un lado, las posibilidades de investigación y expansión del conocimiento científico dependen del nivel alcanzado en el pasado en tecnología de los instrumentos. Por otro lado, este nivel depende de los esfuerzos llevados a cabo por la investigación básica con el objetivo de aumentar la capacidad de observación y perfeccionar la de medición de los fenómenos para avanzar así en el conocimiento científico. Los resultados

[73] La máquina de vapor, la energía eléctrica, el motor de combustión interna, el tubo de vacío o el transistor son ejemplos de innovaciones mayores que generan nuevos marcos en los que se suceden innovaciones y mejoras de menor calado. Véase, entre otros, DAVID (1975), MOWERY y ROSENBERG (1998) y ROSENBERG (1992a y 1992b) para un estudio detallado de éstas y otras innovaciones mayores, así como de las sucesivas mejoras incrementales que las siguieron.

[74] Los límites de la disponibilidad pueden ser económicos, por cuanto se requiere una inversión previa en instrumentación para iniciar las actividades de investigación científica. Pero en cuanto nos interesa en este punto la disponibilidad es técnica. Es decir, la capacidad para acceder y utilizar las tecnologías de la instrumentación con el objetivo de mejorar el conocimiento científico sobre los fenómenos observados.

Universidad de Huelva 2009

de la investigación básica son, por tanto, no sólo la elaboración de nuevas teorías y la aportación de datos adicionales que confirman, modifican o refutan las teorías existentes. Éste es su producto principal, pero junto a él hay un subproducto, los instrumentos desarrollados inicialmente para atender a las necesidades de observación y medición surgidas en el curso de la investigación básica y que no pueden ser cubiertas con los instrumentos existentes. En el transcurso del proceso acumulativo de posteriores mejoras incrementales, estos instrumentos pueden alcanzar una aplicabilidad mucho más amplia y generalizada de la que inicialmente se hubiera previsto en el curso de la investigación básica en que surgió la necesidad inicial[75].

En cualquier caso, debemos señalar que esta relación no es de tipo determinista. Se trata de una relación interactiva en la que en unas ocasiones es el avance en el conocimiento científico el que moldea los progresos tecnológicos, mientras que en otras ocurre justo a la inversa. Pero se trata por supuesto de condiciones necesarias, no suficientes. La existencia de problemas de observación y/o medición en la investigación básica no determina necesariamente que se desarrollen los instrumentos necesarios. Del mismo modo, las mejoras técnicas de los instrumentos facilitan la investigación científica y la condicionan en determinada

[75] Tácitamente, al describir este tipo de instrumentos es fácil imaginar el microscopio, el telescopio, los rayos-X, el acelerador de partículas, los espectroscopios y la cromatografía y, el más espectacular de todos, los microordenadores. No debemos olvidar tampoco los que podríamos llamar "instrumentos virtuales", el software y las aplicaciones informáticas. Véase ROSENBERG (1992a) para un estudio detallado de este tipo de interrelaciones entre investigación científica y tecnología instrumental. Por otro lado, en MOWERY y ROSENBERG (1998), p. 51, encontramos un ejemplo de cómo el desarrollo de las herramientas mecánicas en la siderometalurgia fue una innovación que facilitó el suministro de inputs necesarios para la mejora tecnológica y la innovación en numerosos productos industriales, entre los que destaca el automóvil.

Universidad de Huelva 2009

dirección, pero los avances en el conocimiento científico no se siguen necesariamente.

Una tercera fuente de dependencia de la trayectoria la encontramos en la viabilidad comercial de los nuevos conocimientos. Dicha viabilidad depende, por un lado, de la capacidad para diseñar nuevos productos que permitan explotar el nuevo conocimiento científico. Además, requiere diseñar y construir la tecnología que permita producir estos nuevos productos. Todo ello depende en gran medida de las capacidades tecnológicas existentes. Pero, por otro lado, la viabilidad comercial también depende de que la demanda potencial de los productos que incorporen las innovaciones alcance una masa crítica suficiente para que pueda alcanzarse la escala mínima eficiente en su producción[76]. En este último aspecto juega un papel crucial la demanda por parte del sector público para incentivar el desarrollo de la producción de bienes que incorporen la innovación, cuyo uso puede posteriormente generalizarse[77].

---

[76] En este aspecto debemos aceptar todas las cautelas que señalan MOWERY y ROSENBERG (1998) en cuanto a la importancia exagerada y la mala interpretación de la influencia de la demanda en la innovación. En especial, al hecho de que la demanda no es el factor predominante en la determinación de la innovación; aunque importante, sólo es uno de los muchos factores que influencian en ella.

[77] Son ejemplos típicos la demanda por la Agencia de Defensa norteamericana de semiconductores, transistores, circuitos integrados y procesadores para el desarrollo inicial de la producción de estas innovaciones cuyo uso después se extendió a un sinfín de productos industriales. Igualmente, la compra del 20% de la producción del IBM 650 (que ha dado en llamarse el Ford T de la informática) por parte de diversas agencias estatales, garantizó su producción así como la posibilidad de crear un software estandarizado, lo que propició la aparición de la industria del software como producto independiente del hardware. Véase MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 123–140, para un estudio más detallado de estos casos. Por otro lado, este hecho nos lleva a adentrarnos en la influencia de determinados aspectos institucionales en la actividad innovadora, aspecto que tratamos más adelante en este mismo capítulo.

Universidad de Huelva 2009

La dependencia explica el hecho de que transcurra un largo período de tiempo, a veces incluso décadas, desde que tiene lugar un descubrimiento científico hasta que este nuevo conocimiento puede ser aplicado de forma generalizada a productos comercializables[78]. En este desfase temporal juegan un papel crucial los costes. Sólo cuando éstos se han reducido lo suficiente se generaliza el uso del nuevo conocimiento. En los costes deben incluirse los de fabricación de los nuevos productos, pero también los de utilización por parte de aquellas empresas que los incorporan a sus procesos productivos o los consumen. La reducción de costes requiere un proceso continuo de rediseño y experimentación tanto en el producto como en su proceso de fabricación. Pero también requiere otras habilidades como la capacidad de organización, de gestión y de investigación de mercados y comercialización[79]. En definitiva, podemos concluir con Rosenberg que la capacidad para lograr la explotación comercial del nuevo conocimiento científico es fuertemente dependiente de un conjunto de capacidades sociales que son remotas de la esfera científica[80].

Por último, también surge una fuente de dependencia de la trayectoria desde el momento en que determinadas dificultades, estrangulamientos, problemas y propiedades, encontrados en el curso de la actividad

---

[78] Como ejemplos tenemos aparatos tan comunes como la aspiradora, la lavadora o el lavavajillas. Pese a que fueron inventados entre 1850 y 1860, no se desarrollaron comercialmente hasta que se dispuso, en la década de 1920, de los motores (eléctricos) que los hicieron prácticos. GIEDION (1948): *Mechanization takes command.* Oxford University Press. Nueva York, p. 503. Citado en MOWERY y ROSENBERG (1998), p. 106.

[79] Véase ROSENBERG (1985) para un estudio detallado de este desfase en varios casos concretos.

[80] "... the ability to achieve the commercial exploitation of new scientific knowledge is heavily dependent upon social capabilities that are remote from the realm of science" ROSENBERG (1994), p. 18.

Universidad de Huelva 2009

tecnológica y carentes de explicación científica hasta el momento, han conformado las actividades científicas hacia la búsqueda de las explicaciones oportunas. Esta dependencia de la ciencia respecto de las necesidades explicativas de la tecnología ha tenido su ejemplo característico en la siderometalurgia, pero se ha ido generalizando hacia otros sectores industriales, entre los que destacan la aeronáutica y las tecnologías de la información y la comunicación[81]. Ello se refleja en el creciente número de laboratorios y departamentos de investigación existentes en el seno de (o financiados por) las empresas industriales[82].

Obviamente el objetivo principal de estos laboratorios es mejorar la tecnología de la empresa (o conjunto de empresas) que los financia; sin embargo a medida que estos laboratorios alcanzan su madurez también generan nuevos conocimientos científicos[83]. Por supuesto, además de generar nuevos conocimientos científicos, también se generan nuevos conocimientos tecnológicos que finalmente derivan en avances e innovaciones que permiten superar los estrangulamientos iniciales. Pero a medida que transcurre el tiempo es de esperar que surjan nuevos problemas y estrangulamientos. Así, "las industrias de alta tecnología, al investigar

---

[81] Véase ROSENBERG (1982), pp. 145–162, ROSENBERG (1985) y MOWERY y ROSENBERG (1998) para una descripción más detallada de los sectores en que se da esta relación.

[82] Véase CHANDLER (1985) para un análisis sectorial para los Estados Unidos, Alemania y Gran Bretaña.

[83] De hecho "el apoyo de los Bell Labs a la investigación básica en astrofísica está relacionado con los problemas y posibilidades de la transmisión por microondas y especialmente mediante el uso de satélites de comunicaciones... [En el curso de estas investigaciones en este campo] Penzias y Wilson observaron por primera vez la radiación cósmica de fondo que ahora se toma como confirmación de la teoría del "big–bang" de la formación del universo, mientras intentaban identificar y medir las fuentes de ruidos en sus sistemas receptores y en la atmósfera". ROSENBERG (1982), p. 153.

Universidad de Huelva 2009

sobre los límites de las aplicaciones técnicas, identifican continuamente nuevos problemas que pueden ser tratados por la ciencia"[84]. Todo esto nos da una idea del carácter acumulativo del conocimiento, tanto científico como tecnológico.

Encontramos ejemplos relativamente recientes de estos avances en el transistor, que permitió superar los problemas de creciente coste de mantenimiento y pérdida de fiabilidad en las comunicaciones a medida que crecía su demanda, y el circuito integrado, que permitió superar los problemas de fiabilidad de los sistemas de transistores individuales. En ambos casos se tuvo que recurrir a un programa de investigación básica en física de sólidos para poder explicar el origen de los problemas y, sobre todo, generar la innovación que los solucionase[85].

Queremos destacar que esta dependencia de la trayectoria, en las cuatro formas que hemos descrito, no es determinista. Es decir, no prescribe de forma rígida los desarrollos tecnológicos futuros, sino que hace que las mejoras en el conocimiento científico en unos casos y el tecnológico en otros, sea más fácil (y por tanto más probable) en unas direcciones que en otras. Se trata por tanto de una condición necesaria pero no suficiente. Por otro lado, este carácter necesario hace que la aparición de nuevos marcos tecnológicos creados por innovaciones mayores sea un proceso selectivo, no aleatorio[86].

---

[84] ROSENBERG (1982), p. 156.

[85] MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 123–128.

[86] Como ejemplo podemos ver que la capacidad para generar y transmitir energía eléctrica no hacía *inevitable la invención del tubo de vacío o del transistor*; sin embargo es difícil pensar que ambas innovaciones tuvieran lugar sin que previamente se hubiese desarrollado una capacidad

Universidad de Huelva 2009

Para concluir, señalaremos que estas formas de dependencia de la trayectoria hacen referencia sobre todo a la capacidad de generar nuevos conocimientos científicos y tecnológicos. Pero también existe una dependencia de la trayectoria en el proceso de adopción de las tecnologías existentes, especialmente cuando varias tecnologías sustitutivas compiten entre sí[87]. El caso más conocido es cómo los aparatos de vídeo de sistema VHS desplazaron a los de sistema Beta y 2000, a pesar de que éstos eran tecnológicamente mejores en prestaciones y calidad. Aquí el precio más bajo del sistema VHS parece que jugó a favor de su difusión inicial y después se creó una externalidad de red (disponibilidad de películas) a favor de dicho formato[88]. Sin embargo, encontramos ejemplos en los que la dependencia de la trayectoria opera en contra de una tecnología con precio más bajo. Así sucedió con los ordenadores Spectra 70 introducidos por RCA en 1966 para competir con el por entonces dominante IBM 360. A pesar de los menores precios con unos niveles de calidad y rendimiento semejantes, la serie Spectra 70 constituyó un fracaso comercial. La causa fue que no utilizaban software compatible con IBM cuando ya se había comenzado a desarrollar un software estándar para IBM años antes[89]. Los efectos de la dependencia de la trayectoria fueron aquí muy poderosos.

---

suficiente para generar y transmitir energía eléctrica. Véase ROSENBERG (1982), pp. 145–162 y ROSENBERG (1985), MOWERY y ROSENBERG (1998) y también DAVID (1985 y 1988) para una descripción más detallada y ejemplos adicionales.

[87] Véase ARTHUR (1989) y DAVID (1985 y 1988) para un análisis más detallado de este tipo de *dependencia de la trayectoria*.

[88] Véase ROSENBLOOM (1985), *en especial el apéndice*, pp. 317–327, para un estudio detallado de los orígenes y características técnicas de los aparatos de vídeo.

[89] FLAMM, K. (1988): *Creating the Computer*. Brookings Institution. Washington, DC. Citado en MOWERY y ROSENBERG (1988), p. 146.

Universidad de Huelva 2009

1.2. CONTROVERSIAS TRADICIONALES EN EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO.

Incorporamos a continuación los elementos sobre los que se han centrado tanto las líneas de análisis como las preocupaciones, debates y controversias acerca de los efectos que la tecnología y el cambio técnico tienen sobre la economía. En este apartado nos referiremos a los estudios de corte clásico y neoclásico, aunque también haremos alusión a la visión de Marx y otros autores socialistas por razones de proximidad temporal y por la raíz ricardiana de la obra de Marx.

En cuanto se refiere a los enfoques neoclásicos, centraremos nuestra atención a las dos cuestiones centrales de este enfoque. Por un lado, la distinción entre cambio técnico incorporado frente al no incorporado. Por otro, el debate en cuanto a la neutralidad y la existencia de sesgo o dirección en el cambio técnico y las causas de su existencia.

1.2.1. La visión clásica y marxista.

Recogemos en este apartado las primeras aproximaciones desde el análisis económico a la comprensión del cambio técnico, las causas que llevaban a los empresarios a utilizar en sus procesos productivos ingenios y cuáles serían sus efectos. Como comprobaremos, hasta mediados del siglo XIX se consideraba que la razón para adoptar estas innovaciones que, por lo general, tendían a ahorrar de mano de obra, venía determinada por las variables de la distribución de la renta. Además, se prestaba gran atención a los efectos que tenían sobre el mercado de factor trabajo.

Universidad de Huelva 2009

a) Primeros estudios por parte de la escuela clásica.

Como ya hemos señalado, fue Babbage el pionero en aproximarse al cambio técnico desde el análisis económico. Sin embargo, su obra ha sido obviada por la mayor parte del análisis económico y de la historia del pensamiento económico, postergándolo a sendas notas al pié de página en el mejor de los casos[90]. Y ello a pesar de que su obra representa para el análisis económico importantes avances en distintos campos. Por un lado, mejoró no sólo la claridad de las definiciones de la división del trabajo presentada por Adam Smith en *La Riqueza de las Naciones*, sino también el rigor analítico[91]. Pero al tiempo, constituye también el que puede considerarse primer análisis de economía industrial. Así, describió la existencia de lo que después se llamaron economías de escala, detectó la existencia de lo que hoy conocemos como curva de aprendizaje, estudió los determinantes económicos de la actividad inventiva e innovadora, trató la obsolescencia tecnológica e incluso la relación entre Ciencia y Manufactura[92].

Todo su trabajo tenía un doble objetivo. Por un lado, pretendía examinar los principios reguladores de la utilización de maquinaria en las manufacturas de su época[93]. Por otro el desarrollo de lo que constituyó el

[90] Las notas al pie aparecen en SCHUMPETER (1954), p. 541 y BLAUG (1978), p. 198.

[91] Todos sus estudios y conclusiones se basan en abundantes y detallados datos reales recogidos en el curso de visitas a las manufacturas.

[92] ROSENBERG (1994), pp. 25–40.

[93] "...to examine the mechanical principles which regulate the application of machinery to arts and manufactures". BABBAGE (1835), p. iii.

Universidad de Huelva 2009

motivo principal de su actividad, la máquina de calcular[94]. Para ello se centró en el que consideraba el principio principal del que dependía la economía de una manufactura, la división del trabajo[95].

Esta preocupación por la división del trabajo era por motivos diferentes a los de Smith. Aunque no los desdeñaba, no se centraba en los efectos sobre la productividad logrados gracias a las mejoras en la destreza, el ahorro de tiempo y el fomento de la invención de herramientas y maquinarias. Para él, el objetivo principal era el efecto que la división del trabajo tenía sobre los costes. Sin división del trabajo, cada trabajador debía poseer todas las destrezas necesarias en el proceso de producción y ser retribuido en función de la más alta, aunque no fuese a la que dedicase la mayor parte del tiempo de trabajo. Por el contrario, la división del trabajo, permitía separar las destrezas y contratar a los trabajadores exclusivamente para aquella destreza en la que muestran una especial habilidad. Esto permitía contratar las cantidades deseadas de cada destreza, separar las retribuciones correspondientes y reducir el coste de la producción. Esta división del trabajo, tenía significatividad sólo para las factorías manufactureras de gran tamaño, que permitían así producir al mínimo coste. Se trata en realidad de un anticipo del concepto de economías de escala[96].

---

[94] Véase la biografía realizada por HYMAN (1982) para un análisis detallado de la contribución de Babbage como pionero del desarrollo de ordenadores.

[95] BABBAGE (1835), p. 169.

[96] Véase BABBAGE (1835), capítulo 22 "On the Causes and Consequences of Large Factories" y especialmente la p. 212.

Universidad de Huelva 2009

Pero en cuanto concierne a nuestro trabajo, nos interesa el tratamiento pionero que Babbage hizo de los determinantes económicos de la actividad inventiva. Entendía el cambio técnico (la introducción de maquinaria en la actividad manufacturera) orientado hacia la reducción de los costes. Bajo esta perspectiva, en una clara visión endógena del cambio técnico, consideraba que su dirección es una respuesta a los precios relativos de los factores, al tiempo que la asignación de recursos a la fabricación de maquinaria está directamente relacionado con el estado de la demanda del producto que con ella se produce[97]. Incluso dedicó un capítulo (el 29) al tratamiento de la obsolescencia tecnológica, en la que predominaban los aspectos comerciales (devaluación de su valor de venta) sobre la vida útil en términos físicos, y que estimó en torno a los cinco años[98]. Igualmente dedicó otro capítulo (el 35) a la relación existente entre la ciencia y las manufacturas, claro precursor de los actuales análisis de los sistemas ciencia–tecnología–industria[99]. Su principal conclusión es la existencia de ventajas en la división del trabajo científico, de forma semejante a como existían en las manufacturas, y especialmente porque el descubrimiento de los principios naturales requiere una especialización y dedicación tales que lo hacen compatible con cualquier otra actividad profesional[100].

Por otro lado, también David Ricardo había estudiado ya el progreso técnico y sus efectos. Entendía como progreso técnico la tendencia a utilizar máquinas en lugar de factor trabajo, y observó que tendía a generar

[97] BABBAGE (1835), pp. 203–213.

[98] BABBAGE (1835), pp. 283–292.

[99] BABBAGE (1835), pp. 379–388.

[100] BABBAGE (1835), p. 380.

Universidad de Huelva 2009

un aumento de la producción, a la vez que disminuía la demanda de trabajo, lo que podría reducir los salarios.

En cuanto al mecanismo impulsor de la incorporación de este progreso técnico en el proceso productivo, Ricardo lo sitúa dentro de la lógica maximizadora del beneficio del empresario[101], como respuesta a un cambio en las variables determinantes de la distribución, es decir, los precios relativos de los factores.

Concretamente, un aumento de los salarios (de subsistencia) es lo que impulsaría al empleo de maquinaria con mayor intensidad. Este aumento salarial sería el resultado de la aparición de rendimientos decrecientes al aumentar el capital y la población de un país, que harían que la producción fuese cada vez más costosa y se encareciese de esta forma la subsistencia, aumentasen los salarios[102]. En estas circunstancias, un empresario que sustituyese trabajadores por maquinaria tendría un menor coste que sus competidores[103]. Vendiendo todos al mismo precio, el primero obtendría un mayor beneficio.

---

[101] Aunque de forma ambigua, puesto que pretende sustituir trabajadores por animales y no por maquinaria, entendemos que el razonamiento sería aplicable también a este último caso: "Si empleaba en mi granja 100 hombres, y si veo que puedo destinar los alimentos de 50 hombres a tener caballos, con los cuales obtenga una cantidad mayor de producto del suelo, después de deducir los intereses del capital invertido en la compra de los caballos, entonces sería ventajoso para mí hacer esa sustitución, y la haría realmente". RICARDO (1817), p. 322.

[102] Consideramos ilustrativo el siguiente pasaje de los *Principios*: "Con cada aumento del capital y de la población subirá el precio de las subsistencias, a causa de ser más difícil su producción. La consecuencia de un alza de las subsistencias será una subida de los salarios, y toda subida de los salarios origina una tendencia a que el capital ahorrado se destine, en proporción mayor que antes, al empleo de la maquinaria. La maquinaria y el trabajo están en competencia activa y aquélla no puede emplearse muchas veces hasta que los salarios del trabajo suben". RICARDO (1817), pp. 322–323.

[103] *Ibidem*, p. 324.

Universidad de Huelva 2009

Por otro lado, Ricardo señala la posibilidad de que aparezca desempleo como consecuencia de la introducción de maquinaria, al menos en una etapa inicial. No obstante este desempleo desaparecería mediante la recolocación de los trabajadores en otros sectores (apuntaba las manufacturas y los servicios domésticos) en la medida en que la introducción de maquinaria generase un incremento en el producto de la tierra[104].

b) El análisis marxista.

Pero fue Marx el primero en preocuparse por los efectos socioeconómicos del cambio técnico[105]. Su obra es susceptible de numerosas críticas, especialmente respecto al carácter eurocéntrico de su análisis de la historia y a su visión del curso futuro del cambio técnico. Sin embargo, debemos reconocer que fue consciente de las grandes consecuencias sociales (y por ende de su enorme importancia histórica) de la tecnología y el cambio técnico. Ello se manifiesta en la introducción sistemática de variables tecnológicas en su análisis y, sobre todo, en sus argumentos. Debemos reconocer que fue mucho más receptivo con la

---

[104] A continuación del pasaje antes aludido de la sustitución de hombres por caballos afirma: "...pero esto no sería ventajoso para los hombres, y a no ser que mis ingresos aumentasen tanto que me hiciesen posible dar nuevamente empleo a los hombres sustituidos por los caballos, es evidente que quedaría sobrante algo de la población y la condición de los trabajadores se empeoraría. Es evidente que esos trabajadores sobrantes no pueden emplearse en la agricultura; pero si el producto de la tierra aumentase con la sustitución realizada, podrían emplearse en las manufacturas o como sirvientes domésticos". *Ibidem*, p. 322.

[105] A decir verdad, ya SISMONDI (1815), pp. 241–248 había apuntado que la introducción de maquinaria en sustitución de los trabajadores liberaba mano de obra en una proporción muy superior de lo que abarataba los precios. Además, aunque inicialmente la mano de obra liberada podía recolocarse a medida que se expandían los mercados, a largo plazo dicha expansión estaba limitada, por lo que la sustitución de trabajo por maquinaria acabaría por perjudicar a los trabajadores.

Universidad de Huelva 2009

importancia económica y social de la tecnología que cualquiera de sus contemporáneos y predecesores y que muchos de los que le sucedieron en el análisis económico[106]. No obstante, aunque era consciente de la importancia de la aplicación de los conocimientos científicos en el desarrollo de la industria moderna, se fijó especialmente en la influencia de la tecnología en el cambio social, no de la ciencia [107].

La obra y el pensamiento de Marx han sido profusamente estudiados en sus aspectos generales y tiene un importante lugar reservado en todo estudio sobre Historia del Pensamiento Económico. Pero cuanto se refiere a los aspectos estrictamente tecnológicos y su concepción de la relación existente entre ciencia, lo que hoy llamamos tecnología y la industria han sido obviados por lo general. Encontramos una excepción a esta tendencia en el amplio y riguroso análisis de que ha sido objeto en varios trabajos por parte de Nathan Rosenberg. A continuación presentamos las principales características de la concepción marxista del cambio técnico y de la relación ciencia–industria, a partir de los mencionados trabajos de Rosenberg, complementados con las que se derivan del trabajo de Le Bas.

Para Marx, invención e innovación eran más procesos sociales que individuales. Al igual que otras actividades socioeconómicas, se analizaban mejor como procesos sociales que como destellos del genio individual[108].

---

[106] ROSENBERG (1976a), p. 47 considera que "una de las razones principales de la fecundidad de la ideología de Marx para el análisis del cambio social es que el propio Marx era un estudioso competente y culto en tecnología".

[107] ROSENBERG (1976a), pp. 54–55.

[108] ROSENBERG (1976a), p. 47.

Universidad de Huelva 2009

Además, propone un método de análisis, el materialismo dialéctico[109], que es mucho más rico que el análisis lineal que un siglo después desarrollará Schumpeter y que ha impregnado hasta fechas muy recientes el análisis económico del cambio técnico. A diferencia del método lineal, el dialéctico destaca las interdependencias mutuas y la retroalimentación existentes entre tecnología y economía; se sitúa así más próximo al enfoque sistémico[110].

Por otro lado, intuyó que el simple crecimiento del conocimiento científico no es una condición suficiente para su aplicación a los problemas de la producción económica. Esto era especialmente cierto en una época en la que muchas actividades todavía se realizaban de forma artesanal. Marx consideraba que la aplicación de la ciencia a la actividad productiva depende de la capacidad para predecir y controlar con precisión, tarea que sólo es posible con la maquinaria impersonal, pero no en procesos dominados por las intervenciones humanas en gran escala[111].

De hecho, fue plenamente consciente de que el matrimonio ciencia–industria no había surgido con el capitalismo sino con la que él llamaba industria moderna. Precisamente aquella que era capaz de aprovechar completamente la escala de producción junto con los conocimientos disponibles acerca de las propiedades físicas descubiertas por los

---

[109] "Marx treatment of scientific progress is consistent with his broader historical materialism. Just as the economic sphere and the requirements of the productive process shape man's political and social institutions, so they also shape his scientific activity". ROSENBERG (1974a), p. 715.

[110] Véase PRADAS (1998) para una discusión entre la visión lineal y la sistémica de la innovación y el cambio técnico.

[111] ROSENBERG (1976a), pp. 53–54.

Universidad de Huelva 2009

científicos, de forma que la ciencia sea una fuerza productiva más. Se trata de una industria cuyo proceso productivo se organiza sobre la base de las características técnicas de las máquinas y no del trabajador. Pero el paso crucial es el que se dio cuando fue posible emplear máquinas en la constricción de máquinas[112].

Fue el primero en definir una variable económica que permitiese analizar el progreso técnico o la progresiva introducción de maquinaria, tal y como se entendía en la época. Dicha variable era la relación entre herramientas y trabajadores, la composición técnica del capital o, preferentemente, su expresión en valor o composición orgánica del capital. A medida que aumentaba la utilización de maquinaria y se sustituían los trabajadores por maquinaria se incrementaban tanto la composición técnica como la composición orgánica del capital. Como mantiene Le Bas[113], en realidad la utilización de maquinaria suponía la sustitución del trabajo presente por el trabajo pasado (precisamente el necesario para construir las maquinarias o bienes de capital); no obstante, la previsión de Marx era que este proceso generaría un desempleo duradero (el que constituiría el *ejército industrial de reserva*), en cuyo incremento continuado estaba la semilla de la destrucción del sistema capitalista[114].

Pero, ¿cuál era la fuerza que impulsaba a los capitalistas hacia este progreso técnico tendente a incrementar el uso de la maquinaria en detrimento del factor trabajo? Aquí encontramos una ruptura radical de

[112] ROSENBERG (1974a), pp. 717–724.

[113] LE BAS (1981), p. 54.

[114] Obsérvese que éste no es un desempleo por obsolescencia en las habilidades de los trabajadores, sino por pura sustitución de factor trabajo por factor capital.

Universidad de Huelva 2009

Marx con las tesis ricardianas y con el socialismo utópico. No considera que las variables de la distribución sean las que impulsan el maquinismo, sino el comportamiento maximizador del beneficio, criterio rector de las actuaciones capitalistas. Las nuevas tecnologías constituyen nuevas fuerzas productivas. Estas fuerzas no surgen de forma exógena, sino endógenamente, como resultado de la confrontación dialéctica entre las primitivas fuerzas y las relaciones de producción[115]. Se trata de la aplicación del materialismo histórico al progreso técnico[116].

Además, como señala Le Bas, aunque considera que el aumento de lo que hoy conocemos como los salarios reales en una rama podía inducir al maquinismo, no consideraba que ésta fuese la fuerza inductora principal. Tampoco consideraba como tal la disminución de la tasa de interés, pues su efecto sería la extensión del proceso capitalista y no la introducción del progreso técnico. Para Marx esta fuerza no era otra que el deseo de obtener el mayor beneficio posible, o para ser más exactos, la respuesta al devenir económico capitalista bajo un comportamiento que procuraba alcanzar el beneficio máximo[117].

Inicialmente, el capitalista que introduce una máquina y utiliza a cambio menos trabajadores reduce sus costes y obtiene así una ventaja sobre sus competidores: puede reducir el precio de venta y a pesar de ello obtener una mayor tasa de ganancia[118]. Pero a medida que los demás

---

[115] Citado en ROSENBERG (1976a), p. 51

[116] : "Marx treatment of scientific progress is consistent with his broader historical materialism". ROSENBERG (1974a), p. 715.

[117] LE BAS (1981), p. 56.

[118] *Ibidem*.

Universidad de Huelva 2009

capitalistas van introduciendo también máquinas la ventaja desaparece, lo que empuja al primero a introducir nuevas máquinas. Volvería a iniciarse el proceso y de nuevo desaparecería la ventaja y las tasas de ganancia se igualarían. Es por tanto la lucha por incrementar dicha tasa de ganancia la que empuja al capitalista hacia el progreso técnico. Como resultado, el aumento del ejército industrial de reserva (desempleo estructural) y la reducción de la tasa de ganancia a medida que se generalizaba la utilización de maquinaria.

El mecanismo formal se encuentra en la crítica marxista a la teoría del valor trabajo dentro de lo que desde entonces se ha venido llamando la "gran contradicción"[119]. El beneficio o tasa de ganancia capitalista es el cociente entre la plusvalía y la suma de capital (fijo más variable) empleado en la producción, que puede transformarse en un cociente entre la tasa de plusvalía (plusvalía dividida por el capital variable) y uno más la composición orgánica del capital. Es decir, a medida que crezca la composición orgánica del capital disminuirá la tasa de ganancia o beneficio del capitalista[120]. La gran contradicción se deriva de que para mantener la tasa individual de ganancia, cada capitalista individual debe incrementar la composición orgánica del capital. Sin embargo, a medida que todos los

---

Nótese que esta argumentación encuentra apoyo previo en los efectos reductores de costes de la introducción de maquinaria previamente apuntados por RICARDO (1817), p. 324, que ya hemos señalado.

[119] EKELUND y HEBERT (1990), pp. 287–288.

[120] Por supuesto siempre que la tasa de plusvalía no aumente, como era la hipótesis de Marx, quien por comodidad la suponía del 100%.

Universidad de Huelva 2009

capitalistas la incrementan cae la tasa media de ganancia a la que tiende la economía[121].

Por último, queremos destacar que fue Marx el primero en apuntar una cuestión a la que dedicaremos nuestra atención en el próximo epígrafe, la inducción en el cambio tecnológico. Aunque no le prestó excesiva atención, destacaba que, para entender el cambio técnico, debe examinarse la forma en que las grandes fuerzas sociales alteran continuamente el centro de los problemas tecnológicos que precisan solución. En este marco se examinará cómo el proceso productivo ha conformado, en el pasado, el desarrollo del conocimiento y de las habilidades técnicas científicas[122]. No obstante, este carácter inducido del cambio técnico vía demanda no debe separarse del contexto de relación dialéctica entre las tecnologías o estructuras de producción[123].

1.2.2. El enfoque neoclásico: la sustitución y la innovación inducida.

En el período que abarca el último cuarto del siglo XIX y el primero del siglo XX los economistas no marxistas consideraban que el progreso tecnológico tenía en su conjunto una orientación hacia el ahorro de trabajo aunque existiesen algunas innovaciones ahorradoras de capital. Los efectos

[121] Es lo que hoy llamaríamos tasa de beneficio agregado de la economía.

[122] ROSENBERG (1976a), p. 59. Véase también LE BAS (1981), pp. 55–56 para una discusión sobre el tratamiento superficial del carácter inducido de las innovaciones por parte de Marx.

[123] "I would interpret the Marxian position to be that it is the changing requirements of industry and the altering perception of economic needs which provide the stimulus to the *pursuit* of specific forms of scientific knowledge. But I would also conclude that the Marxian position cannot be adequately described as a demand–induced approach without doing a severe injustice to the subtlety of Marx's historical analysis". ROSENBERG (1974a), p. 725.

Universidad de Huelva 2009

que los cambios técnicos pudieran tener sobre los componentes de la distribución de la renta constituían la principal preocupación al respecto[124].

Ya en esta época se había iniciado una tradición histórica en las discusiones sobre el cambio tecnológico. Se trata de la preocupación particular por los efectos que tiene sobre el bienestar de la mano de obra. Y, dadas las dificultades para medir el concepto de bienestar, una aproximación razonable del impacto del cambio técnico es su efecto sobre la participación relativa de la mano de obra en la producción[125].

No obstante, debemos señalar que la preocupación por el progreso técnico constituía una cuestión de importancia menor. La razón la encontramos en los métodos de análisis estático, característicos del período neoclásico, en los que se obviaba todo elemento de cambio. Wicksell, Clark y Pigou primero y posteriormente Harrod, Solow y Hicks, constituyen excepciones por su preocupación por el cambio técnico.

a) Las primeras reformulaciones de la visión clásica.

Poco a poco fueron surgiendo críticas a la interpretación ricardiana de los efectos del cambio técnico. Para Wicksell, la argumentación de Ricardo sobre los efectos que el progreso técnico tiene sobre la que más adelante se llamaría distribución funcional de la renta era errónea, al menos en un sistema económico en libre competencia. La flexibilidad de los salarios a la baja y la rigidez de precios al alza son las hipótesis sobre las que se basa su

[124] LE BAS (1981), pp. 68-69.

[125] Para una detallada discusión de estos aspectos véase HICKS (1932) en especial.

Universidad de Huelva 2009

afirmación[126]. Así, el progreso técnico ahorrador de trabajo generaría desempleo tecnológico, que obligaría a los trabajadores a aceptar salarios más bajos. Estos salarios más bajos serían un incentivo para las empresas no innovadoras (intensivas en factor trabajo) que incorporarían más trabajadores, lo que acabaría por absorber el desempleo inicial. Es decir, no habría una disminución del producto bruto, sino una redistribución (recolocación) de los trabajadores[127].

Pero la principal ruptura con la concepción clásica del progreso técnico es la consideración de la introducción de maquinaria como algo puramente exógeno e individual, para lo que no aporta ninguna justificación. Aquí surgen las principales debilidades de esta argumentación: ¿Porqué una única innovación? ¿Porqué en un único sector? ¿Porqué no se generaliza a todas las empresas y a toda la economía?[128].

Clark, dedicó los capítulos XVI y XVII de su *Principios de Economía* respectivamente a analizar el efecto del perfeccionamiento técnico sobre los métodos de producción y a estudiar determinados elementos que permitían explicar tanto las transformaciones dinámicas y los daños (sufrimientos) por ellas producidos, como la existencia de factores que compensaban dichos daños. Consideraba que el desarrollo del maquinismo

---

[126] Nótese que son justo las hipótesis contrarias a las de Ricardo, quién consideraba salarios de subsistencia rígidos a la baja y precios agrarios flexibles al alza. Como mantiene SYLOS-LABINI (1964), p. 184 no refuta las conclusiones de Ricardo sólo invierte las hipótesis.

[127] WICKSELL (1935), pp. 133-144.

[128] LE BAS (1981), p. 66 quién critica además que el progreso técnico sea tratado antes de desarrollar la teoría del capital.

Universidad de Huelva 2009

por sustitución del factor trabajo por capital[129] tendría como efecto inmediato la aparición de desempleo tecnológico. Este desempleo sería contrarrestado, no por una rama sino por el conjunto de la economía[130]. El mecanismo que favoreciese la reabsorción de este paro tecnológico sería una reducción de los salarios a menos que aumentase la cantidad de capital empleado en la economía[131]. Sin embargo, en el tiempo, cualquier pérdida inicial sería compensada con las posteriores ganancias[132]. Estos argumentos apoyaban la afirmación que anteriormente había hecho sobre los efectos del progreso técnico: un alivio de la labor de los trabajadores y un incremento de su remuneración[133].

Este análisis adolece de la misma debilidad que el de Wicksell y que los de los clásicos: consideraba la innovación como un hecho puntual, es decir, una innovación radical. No consideran, sin embargo, la posibilidad de que se sucediesen las innovaciones incrementales, cuyos efectos acumulados y yuxtapuestos no están tan claros.

b) Carácter incorporado o no incorporado en el cambio técnico.

Pero en el esquema neoclásico son dos las cuestiones que han centrado el debate y que han tenido mayor proyección en el tiempo. Se trata del carácter incorporado o no del cambio técnico, por un lado. Por

---

[129] CLARK (1911): *Principes d'économique dans leur application aux problèmes modernes de l'industrie et de la politique économique*. Giard et Brière. Paris, 1911, p. 253.

[130] *Ibidem*, p. 235-236.

[131] *Ibidem*, p. 263-264.

[132] *Ibidem*, p. 273.

[133] *Ibidem*, p. 236.

Universidad de Huelva 2009

otro, de la neutralidad o el sesgo en la determinación de la dirección que toma y las fuerzas que lo inducen a que tome una determinada dirección[134].

Para distinguir entre cambio técnico incorporado y no incorporado vamos a centrarnos en la relación que mantiene con el conjunto de factores utilizados como inputs de la función de producción. El cambio tecnológico lo entenderemos en su formulación neoclásica, como un desplazamiento hacia el origen de las isocuantas o contornos de la función de producción. Es decir, permite obtener el mismo volumen de producción con cantidades menores de factores o bien un mayor nivel de output si se mantienen las cantidades empleadas de inputs.

En este contexto, el cambio tecnológico será no–incorporado si el desplazamiento de las isocuantas tiene lugar independientemente de todo cambio en el conjunto de factores de la producción. Por el contrario, será incorporado si conlleva mejoras que sólo pueden ser introducidas realizando inversiones en nuevos equipos de producción (capital físico) y en las capacidades de los trabajadores (capital humano), que dejan el equipo y las capacidades antiguas obsoletas. La nueva tecnología estría así "incorporada" en los nuevos equipos o en las nuevas capacidades[135].

Desde una perspectiva dinámica, el cambio técnico no–incorporado tiene lugar de forma automática a medida que transcurre el tiempo. Por el contrario, para que tenga lugar un cambio técnico incorporado no basta el paso del tiempo, se requiere además la realización de un esfuerzo inversor, ya sea en capital físico o bien en capital humano.

---

[134] STONEMAN (1983), p. 4.

[135] BURMEISTER y DOBELL (1970), pp. 79-80.

Universidad de Huelva 2009

El cambio técnico del tipo no–incorporado puede entenderse como la tasa o ritmo temporal a que tiene lugar el desplazamiento de las isocuantas hacia el origen. Dependerá, por tanto, del ritmo al que se produzcan sucesivos incrementos de la productividad total de los factores. Estos incrementos tienen lugar como un "maná caído del cielo"[136] puesto que no son atribuibles a ningún factor concreto al ser del tipo no–incorporado. Por el contrario, si se tratase de un cambio técnico de tipo incorporado, el ritmo a que tiene lugar dependerá del ritmo al que evoluciona el uso en el sistema económico del factor que lo incorpora, ya sea un nuevo bien o servicio[137], ya de una nueva cualificación de los trabajadores.

Como nivel del progreso técnico, se hace referencia al ritmo alcanzado por el crecimiento de la productividad total de los factores, si el cambio es no–incorporado. Si es incorporado, atiende a la proporción de utilización del nuevo producto por sus usuarios potenciales[138]. En cuanto se refiere a la difusión, en sentido estricto sólo es posible hablar del ritmo al que avanza la utilización del cambio técnico de carácter incorporado[139].

---

[136] BURMEISTER y DOBELL (1970), pp. 79.

[137] Si se trata de un producto de consumo hablaremos de introducción en los hogares, mientras si es un bien de capital hablaremos de su adopción en el proceso productivo.

[138] Al considerar el cambio técnico como incorporado (por lo general en los bienes de capital) se abandona la automaticidad que estaba implícita en la consideración n-incorporada. Sin embargo, en ambos casos las fuentes de cambio técnico se consideran exógenas y no se hacen consideraciones acerca de cómo tienen lugar dichos cambios. Igualmente en ambos casos no se hacen distinciones acerca de si el cambio se produce con una innovación de producto o de proceso.

[139] No obstante, también podría entenderse la difusión como el proceso por el cual se generaliza el incremento de la productividad total de los factores.

Universidad de Huelva 2009

c) Neutralidad y sesgo ahorrador de factor.

Fue Pigou quien habló por primera vez de un concepto que posteriormente tuvo gran importancia: la neutralidad del cambio técnico. Así, habría tres tipos de cambio técnico. Ahorrador de trabajo, si disminuía la productividad marginal del trabajo, medida en términos de productos de las otras industrias. Ahorradores de capital, si reducía la productividad marginal del capital. Y por último los neutrales, que eran todos los demás[140], incluidos aquellos que incrementan las productividades marginales a ritmos diferentes.

De forma general, puede decirse que el cambio tecnológico es neutral si se incrementa el conjunto de posibilidades de producción[141] de manera que no se vea alterada la relación entre trabajo y capital existente antes del cambio. No obstante, existen tres definiciones alternativas de neutralidad. En primer lugar, se entiende la neutralidad en el sentido de Hicks cuando se mantiene constante la proporción capital/trabajo y no cambia la participación de los factores. Por otro lado, existe neutralidad en el sentido de Harrod cuando sin cambiar la relación capital/output se mantiene la participación de los factores. Por último, el cambio técnico es neutro en el sentido de Solow cuando permanece constante la relación trabajo/output y no se ve alterada la participación de los factores en la renta nacional.

Esta definición puede formalizarse a partir de la función neoclásica de producción $Q = \mathrm{F}(K, L; t)$, reescrita como $Q = \mathrm{G}[b(t)K, a(t)L]$, donde $a(t)$

[140] PIGOU (1920) p. 632–638.

[141] Se desplazan las isocuantas hacia el origen en el caso de dos factores y un único producto.

Universidad de Huelva 2009

y $b(t)$ representan el efecto del cambio técnico a lo largo del tiempo sobre el factor trabajo y capital, respectivamente. Es por ello que $a(t)L$ y $b(t)K$ se conocen como las cantidades efectivas de factores[142]. Es fácil comprobar que la neutralidad en sentido de Hicks requiere que $a(t)=b(t)$, por lo que la función de producción puede rescribirse como $Q=c(t)\mathrm{G}[K,L]$, donde $c(t)=a(t)=b(t)$[143] y $a'(t)>0$ y $b'(t)>0$. El cambio técnico potencia ambos factores por igual, por lo que se le suele llamar potenciador de la producción. La neutralidad de Harrod puede formularse a partir de la función $Q=\mathrm{G}[K,a(t)L]$, donde $b(t)=1, a'(t)>0$ y $b'(t)=0$. Se trata por tanto de un cambio técnico potenciador del factor trabajo. Por último, la neutralidad en el sentido de Solow se escribe como $Q=\mathrm{G}[b(t)K,L]$, donde $a(t)=1, a'(t)=0$ y $b'(t)>0$. Se trata pues de un cambio técnico potenciador del factor capital[144].

Una vez definido el concepto de neutralidad, la definición del sesgo resulta algo obvia. Ciñámonos al sesgo ahorrador del factor trabajo, que es el que tradicionalmente ha despertado mayor preocupación. Un cambio tecnológico es ahorrador del factor trabajo si genera una reducción de la participación relativa de dicho factor en la renta nacional, respecto a la que

---

[142] Nótese que se trata de un cambio técnico del tipo no–incorporado, que por otro lado se conoce como "aumentador" (potenciador) de factor. Es un cambio técnico que incrementa el output obtenido con la misma cantidad de factores, a los que potencia.

[143] Recuérdese que se trata de una función de producción homogénea y lineal en su definición habitual.

[144] Para un análisis más detallado véase BURMEISTER y DOBELL (1969 y 1970), en que se trata con profusión estas cuestiones del cambio técnico, con especial atención a sus efectos sobre el crecimiento económico.

Universidad de Huelva 2009

existiría en los términos en que haya sido definida la neutralidad[145]. Por supuesto, el cambio tecnológico puede ser también ahorrador de ambos factores, el sesgo dependería de la intensidad relativa de ambos ahorros.

En el caso en que el cambio técnico sea de tipo incorporado la definición de neutralidad y de sesgo cambia ligeramente. Considerando que es el factor capital el que generalmente incorpora el cambio técnico, cada bien de capital está clasificado con un índice v, que hace referencia a la fecha en que fue manufacturado, es decir, a la cosecha a la que pertenece. En este contexto, $Q(v,t) = F[Kv(t), Lv(t), v]$ será la función de producción correspondiente a cada cosecha, donde $Q(v,t)$ es el output de la cosecha v en el momento t, $Kv(t)$ el stock de capital y $Lv(t)$ la cantidad empleada de factor trabajo. La principal diferencia respecto al cambio no–incorporado es que la productividad no depende del tiempo sino de la cosecha, es decir, de la fecha de fabricación. La neutralidad se definirá en los mismos términos que para el cambio no–incorporado pero no respecto al tiempo sino respecto a las cosechas.

Cabe preguntarse si, en la realidad, debe esperarse encontrar un sesgo ahorrador de un determinado factor, o por el contrario es más probable que el cambio técnico sea neutro. El debate acerca de la dirección del sesgo dominó, durante la década de 1930 y especialmente en la postguerra, el panorama de la reducida atención que la ortodoxia neoclásica dedicaba al análisis económico del cambio técnico[146].

---

[145] Obviamente la definición de sesgo dependerá de la definición tomada de neutralidad.

[146] BLAUG (1963), p. 79.

Universidad de Huelva 2009

Ya hemos visto que los tratamientos iniciales por la escuela clásica hacían especial hincapié en la existencia de un sesgo ahorrador de mano de obra. También Marx apuntaba esta dirección, especialmente cuando hablaba de su ejército industrial de reserva. Incluso Pigou y Hicks también consideraban que existía un sesgo ahorrador de mano de obra[147]. La aceptación de semejante sesgo fue generalizada durante el primer tercio del siglo XX. Quizá este hecho se deba a que las innovaciones ahorradoras de factor trabajo, radicales en la mayoría de los casos, son más fácilmente observables que las ahorradoras de capital, por lo general de carácter incremental[148].

---

147 Las coincidencias entre la visión de Hicks y Pigou son importantes. Como reconoce el propio HICKS (1932), pp. 105 y 109, acepta la idea de Pigou de un sesgo ahorrador de trabajo en las innovaciones (invenciones en términos de Hicks), así como una tendencia a mejorar la participación absoluta del trabajo. Sin embargo, igualmente reconoce las divergencias en cuanto se refiere a la evolución de la participación relativa. Mientras Pigou consideraba que también mejora, Hicks consideraba, por el contrario, que empeoraría como resultado de una innovación sesgada hacia el ahorro de trabajo. Igualmente destaca la divergencia en cuanto al concepto de sesgo. Para Pigou los sesgos afectan a las magnitudes absolutas, es decir, una innovación ahorradora de trabajo incrementará la productividad marginal del capital, dejando constante la del trabajo. Así, si aumentasen ambas productividades marginales, la innovación sería neutral. Sin embargo, para Hicks, la importancia está no en las magnitudes absolutas, sino en las relativas. Una innovación será ahorradora de trabajo si incrementa la productividad marginal del capital en mayor proporción que la del trabajo.

148 "El mito de un sesgo inherente ahorrador de mano de obra en el cambio técnico ganó su encanto del *conocimiento de los hechos familiares de la historia industrial*, reforzado por la tendencia a examinar el progreso técnico como si solo consistiera en inventos en el sentido estricto del término, más bien que en cualquier cambio en el horizonte técnico de los productores. Dado que la mayoría de las innovaciones ahorradoras de capital consisten en adelantos relativamente menores en la utilización de la máquina, éstas tienden a pasar inadvertidas". BLAUG (1963), p. 90.

A este respecto, ya HICKS (1932), p. 105, había aceptado parcialmente la existencia de lo que él llamaba "ilusión óptica" al afirmar que "Hay probablemente buena parte de verdad en todo ello, pero parece difícil que esto sea una explicación suficiente... La razón real de la predominancia de las innovaciones *labour–saving* es seguramente la contemplada en nuestra discusión de la sustitución, [un cambio en los precios relativos de los factores]".

Universidad de Huelva 2009

Esta visión experimentó un cambio a partir de los intentos por interpretar las causas de la crisis económica en que se vieron sumidas las economías desarrolladas durante la década de 1930. Esto motivó que se prestara especial atención a los efectos de las innovaciones ahorradoras de capital[149]. La idea parte de las hipótesis del modelo de Hicks. Un sesgo ahorrador de capital tiende a reducir la participación relativa del factor en los ingresos de la producción siempre que la elasticidad de sustitución técnica entre maquinaria y mano de obra fuese inferior a la unidad ($\sigma < 1$), hipótesis que Hicks daba por cierta. Una situación de abundancia e incremento del stock de capital, en estas condiciones, tenderá a reducir la participación en las ganancias del capital y, si el stock aumenta, tenderá también a reducir la tasa de ganancia. Bajo estas circunstancias, sólo un cambio técnico suficientemente ahorrador de mano de obra podría evitar la existencia de un exceso crónico del ahorro sobre la inversión. Parece por tanto que la "gran depresión" fue la consecuencia de un cambio técnico neutro o con un sesgo moderado hacia el ahorro de capital, especialmente desde la última década del siglo XIX[150].

Por otro lado, este argumento puede mantenerse desde la perspectiva que plantea Fellner[151]. Existe la posibilidad de que las rigideces de precios y de salarios puedan permitir la existencia de un exceso de ahorro de

[149] Ya Marx había apuntado la existencia de este tipo de innovaciones y de cómo la existencia de grandes volúmenes de capital constituían poderosos incentivos económicos para llevar a cabo innovaciones que ahorrasen capital. Véase ROSENBERG (1976a), pp. 56-59 para un estudio más detallado.

[150] BLAUG (1963), p. 93. Véase nota 18 en la misma página para las cautelas con que debe tomarse esta argumentación, en especial en cuanto a que $\delta < 1$ y en cuanto a la estructura temporalmente homogénea del capital.

[151] FELLNER (1961), en especial pp. 191–193.

Universidad de Huelva 2009

capital, incluso en una economía con abundancia relativa de dicho factor. En tal caso el rendimiento del capital caerá, con él la inversión y finalmente el empleo. Surge así un excedente de mano de obra que alimenta de nuevo el exceso ahorrador de capital. El resultado puede ser un equilibrio keynesiano sin pleno empleo. El mecanismo corrector que había planteado previamente no funciona en este caso y la inicial escasez relativa de mano de obra no induce un cambio técnico compensador–ahorrador de mano de obra (utilizador de capital), sino que ahonda en la brecha en la dotación de factores.

Por último, a partir de finales de la década de 1940 y principios de la de 1950, se realizó una serie de trabajos empíricos que parecían demostrar la estabilidad a largo plazo de la relación capital/producto[152]. Ante este hecho, los economistas se hicieron más receptivos a la idea de la existencia de un cambio técnico neutral[153]. Esta neutralidad puede ser tanto resultado de procesos neutrales en todos los sectores de la economía o a compensaciones de los sesgos en unos sectores con los sesgos en sentido contrario en los otros sectores, de forma que la razón capital/producto permanezca constante par el conjunto de la economía. No obstante, esta argumentación presenta dos limitaciones. Por un lado, la relación capital/producto no sólo depende del cambio técnico, sino también de muchos otros factores, como la propensión al ahorro, las expectativas sobre la evolución del cambio técnico y el efecto acumulado de la tasa de crecimiento de la producción. Por otro, en la propia razón no se consideran

[152] Véase SALTER (1960), p. 73 para una relación de estos estudios, tanto para la economía norteamericana como para la británica.

[153] BLAUG (1963), p. 91.

Universidad de Huelva 2009

magnitudes equivalentes. Mientras que en el numerador (el capital) sólo se considera el capital físico, en el denominador se incluyen los resultados tanto del capital físico como del capital humano y del capital social[154].

d) Sustitución e inducción en el cambio técnico.

En este punto, puede resultar interesante realizar una distinción dentro de las innovaciones. En el marco de la función neoclásica de producción es posible encontrar una relación funcional entre los precios relativos de los factores y la proporción capital–producto. Igualmente es posible encontrar una coincidencia entre la elasticidad de sustitución y la elasticidad de la proporción capital–producto respecto a los precios relativos de los factores[155]. Es decir, por cada punto porcentual de caída del precio relativo de los factores, la relación capital–trabajo experimentará también una caída de tantos puntos porcentuales como indique el valor de la elasticidad de sustitución.

Se trata de una sustitución de los factores, de carácter inducido, en la que no se altera la función de producción. Cuanto mayor sea la elasticidad de sustitución, más sensible será la estructura relativa de utilización de los factores ante cambios en sus precios relativos. Por el contrario, si, como resultado de la inducción, cambiase la función de producción, en tal caso se estaría ante un progreso técnico.

---

[154] BLAUG (1963), p. 92.

[155] Véase BURMEISTER y DOBELL (1970), pp. 10–16 para una discusión más detallada de estas relaciones.

Universidad de Huelva 2009

En esta línea, al retomar la discusión sobre el análisis ricardiano en su Teoría de los Salarios[156], Hicks distingue dos tipos de invenciones inducidas. Unas cuya rentabilidad depende de cambios en las variables de la distribución (precios relativos de los factores); son por tanto invenciones que surgen inducidas por la demanda, con el objetivo de ahorrar el factor que se ha encarecido relativamente[157]. Las otras surgen independientemente de que se den o no cambios en los precios relativos de los factores, puesto que son resultado de mejoras en los conocimientos científicos y técnicos; se trata de innovaciones autónomas cuya disponibilidad depende de la oferta. Estas innovaciones también ahorran el empleo de recursos, pero no hay motivo para pensar que puedan hacerlo más de un factor que de otro[158]. Las primeras facilitan los ajustes de la economía ante dichos cambios, incrementando la elasticidad de sustitución entre los factores, mientras que las segundas consisten en nuevos métodos de producción. Esta distinción sería, posteriormente redefinida por en el análisis neoclásico como sustitución y progreso técnico, respectivamente[159].

En cuanto a los efectos sobre la renta o el producto nacional, consideraba que el efecto del cambio tecnológico era un incremento en lo que llamaba "dividendo nacional", siempre que funcionase un importante

[156] HICKS (1932).

[157] "Un cambio en los precios relativos de los factores es, en sí mismo, un considerable incentivo a la innovación, y a una innovación de tipo peculiar, encaminada a economizar el uso de un factor que ha resultado relativamente más costoso". HICKS (1932), p. 105.

[158] HICKS (1932), p. 106. No obstante, más adelante considera que, aunque directamente son neutrales, tienen un efecto indirecto que las hace ahorradoras de trabajo. En la medida que reducen los costes del capital facilitan su acumulación y por tanto el ahorro de trabajo. HICKS (1932), p. 108.

[159] Véase SALTER (1960), p. 190 para una sucinta, pero esclarecedora, descripción de ambos conceptos.

Universidad de Huelva 2009

mecanismo de transmisión. Puesto que el cambio técnico reduce los costes de producción y libera recursos, es necesario que dichos recursos puedan ser transferidos a otros usos, ya sea en la producción del propio sector innovador, ya en la de otros sectores[160].

Para determinar los efectos sobre la distribución funcional de la renta, realizaba una distinción adicional en las innovaciones inducidas[161]. Aunque siempre surgen como resultado de un cambio de los precios relativos de los factores, hay dos tipos. Uno sólo es rentable tras el cambio en los precios relativos. El otro, habría sido rentable incluso antes de que cambiasen los precios relativos. En general, una innovación ahorradora de un factor disminuye su participación relativa en el dividendo nacional, pero no su participación absoluta (renta real del factor), que suele aumentar[162]. No obstante, el problema es mucho más complejo, por lo que resaltaba la necesidad de distinguir aquellos casos en que el progreso técnico es débil y lento de aquellos otros en los que es fuerte y rápido.

Si el cambio técnico es lento y se produce de forma discontinua (revoluciones industriales discontinuas) y los métodos de producción son conservadores durante mucho tiempo, es de esperar que dejen de adoptarse determinadas innovaciones que habrían sido rentables. En estos casos, cuando cambien los precios relativos de los factores es de esperar que la inducción al ahorro sea muy poderosa y que se adopten todos aquellos

[160] HICKS (1932), p. 103.

[161] El propio HICKS (1932), p. 107, reconocía que "se trata de una distinción puramente económica, sin que exista razón alguna para suponer que corresponda a una división de índole técnica".

[162] HICKS (1932), p. 104.

Universidad de Huelva 2009

métodos que hubieran sido rentables y que no hayan sido superados. Si esto sucede así, puede que caigan los salarios reales y se produzcan perturbaciones de índole social, acercándose tal comunidad al estado estacionario de los economistas clásicos[163].

Por el contrario, si el cambio técnico tiene lugar de forma continuada y a un ritmo rápido, el ahorro del factor que se ha encarecido relativamente[164] permite su transferencia a otros usos, lo que hace que aumente su participación absoluta en la renta nacional (renta real del factor), aunque disminuya la participación relativa, a favor del otro factor[165].

1.2.3. Análisis marginal de las innovaciones y teoría del equilibrio de la empresa.

Hicks utiliza una misma categoría, invenciones, para referirse a dos hechos distintos. En primer lugar, la sustitución de factores o movimientos dentro de una función de producción ya existente. El segundo tipo de

[163] HICKS (1932), pp. 107–109.

[164] Aunque reconoce la existencia de innovaciones ahorradoras de capital también existen, destaca que las más habituales y también las más fácilmente reconocibles son las ahorradoras de trabajo. HICKS (1932), p. 105. Por ello limita su análisis a estas últimas. Siempre que habla de ahorro de un factor se refiere al trabajo.

[165] "El carácter generalizado del cambio tecnológico es de considerable salvaguarda frente a sí mismo... Es posible, aunque extremadamente improbable, que el progreso económico pueda causar cierto declive en el nivel de equilibrio de los salarios reales. [Pero]... incluso si así ocurriera... sería temporal; mayores beneficios significarían nuevos ahorros; un mayor capital elevará, de nuevo, el nivel de los salarios reales". HICKS (1932), p. 109.

Universidad de Huelva 2009

innovaciones representaría el cambio de la función de producción, lo que claramente constituye un elemento de progreso técnico[166].

Esta distinción entre dos tipos de innovaciones[167], ambas inducidas, introducía un grado de ambigüedad que los neoclásicos más ortodoxos solucionaron obviando la posibilidad de inducción en el sentido de progreso técnico[168]. Consideraban que la inducción quedaba limitada al mecanismo de sustitución. Como resultado surgió un debate acerca de la posibilidad de existencia de innovaciones inducidas en el sentido de progreso técnico, que presentamos a continuación.

Por otro lado, las tesis que hasta ahora hemos visto, en especial las de Hicks, chocan con el análisis estático, característico del modelo neoclásico. En este esquema de análisis se tiende a negar la existencia generalizada de innovaciones inducidas como motor del progreso técnico, aunque puedan darse en determinados casos concretos, que constituirían la excepción a la generalidad.

Seguidamente a la publicación de la obra de Hicks en 1932 se suscitó una intensa polémica que tuvo varios frentes[169]. En especial en cuanto a la

---

[166] En HICKS (1973), pp. 125–127 vuelve sobre esta ambigüedad para explicar que en el caso de sustitución también debe ser considerado como una invención, puesto que requiere un nuevo saber y una nueva experiencia. Considera que "todo cambio en las técnicas, grande o pequeño, es un invento".

[167] Invenciones en términos de Hicks, pero puesto que entendía por tales las que lograban imponerse en el mercado, según hemos definido en este mismo capítulo se trata de innovaciones.

[168] Véase en especial SALTER (1960) y FELLNER (1961 y 1962) para una refutación de las hipótesis hicksianas.

[169] En esta polémica intervinieron Machlup (quién intentó una síntesis en 1935), Sweezy, Lerner, Kahn, Meade, Allen, entre otros y en febrero de 1936 se publicaron varios artículos en

Universidad de Huelva 2009

determinación de la elasticidad de sustitución y los problemas que planteaba su modelo en presencia de rendimientos crecientes y de competencia imperfecta. En su revisión del capítulo 6, dedicado al estudio de la relación existente entre la distribución y el progreso económico[170] discutió estas críticas, pero se ratificó en cuanto había dicho acerca de las innovaciones[171]

a) El debate sobre la inducción de las innovaciones.

Pero la obra de Hicks suscitó también otro debate. Se trata de la discusión acerca de la causa de la tendencia observada hacia la economización del uso del trabajo en los métodos de producción. Por un lado, Hicks mantenía que se debía a innovaciones sesgadas hacia el ahorro del factor trabajo y que el sesgo era inducido por los cambios en los precios relativos de los factores. Por el contrario, la corriente más ortodoxa de la escuela neoclásica consideraba que los cambios en los precios relativos sólo podían "inducir" la sustitución de factores, pero en ningún caso podían influir en la existencia de un sesgo en el carácter de las innovaciones. Éstas tratan de reducir los costes de producción en general, y no los de un factor en particular[172].

---

la Review of Economic Studies. Véase Hicks (1936) p. 227, nota 1 para una relación más detallada.

[170] HICKS (1936)

[171] "No diré nada, aquí, sobre las innovaciones, porque, por el momento no tengo nada que añadir a lo que ya he escrito sobre la materia". HICKS (1936), p. 227, nota 1.

[172] BLAUG (1963), p. 95.

Universidad de Huelva 2009

La visión de Hicks es criticable en la medida en que falla si los rendimientos a escala no son constantes, si la curva de oferta de trabajo tiene pendiente negativa o si existe competencia imperfecta en los mercados[173]. Sin embargo, la crítica más demoledora hace referencia a la sustitución de bienes que tendrá lugar tras cualquier innovación. En un mercado competitivo, una innovación ahorradora de un factor tenderá a reducir los precios de los bienes intensivos en ese factor, lo que provocará un efecto sustitución a favor de dichos bienes. Si la innovación ahorradora tendía a reducir la participación del factor en los ingresos, este efecto sustitución tenderá a incrementarla. El efecto final dependerá de los valores de la elasticidad de sustitución y de la elasticidad–precio de la demanda de bienes. Hicks no tiene en cuenta esta última posibilidad[174].

Considerando la divisibilidad de los factores, Salter distingue entre sustitución de los factores y progreso técnico como dos aspectos completamente diferentes. Cualquier cambio de la técnica (relación de capital por unidad de trabajo) debido a cambios en las variables de la distribución (precios relativos de los factores) son englobados dentro del concepto de sustitución. El progreso técnico consiste en la aplicación de nuevos procesos de producción, a diferencia de la sustitución en que

[173] BLAUG (1963), pp. 84–85.

[174] FELLNER (1956), pp. 212–213 y 258–259 sostenía que la tendencia realmente observada en la participación de los factores en la distribución no sólo depende de la existencia de innovaciones (cambio en la función de producción), ni siquiera de la combinación de innovaciones con movimientos a lo largo de la función de producción (sustitución de factores); depende además de los cambios en la composición de la producción, es decir, de la sustitución entre bienes.

Universidad de Huelva 2009

cambian las proporciones en que son empleados los factores pero manteniéndose el mismo proceso productivo[175].

En cuanto a la motivación del empresario, tanto para llevar a cabo una sustitución de factores como para adoptar un nuevo proceso de producción, Salter aducía que era la minimización del coste total de producción y no la minimización del coste relativo a un input particular. Cuando aumenta el precio relativo de un factor, cualquier reducción del coste total es bien acogida, siendo irrelevante que se haga ahorrando trabajo o capital[176].

Por otro lado, consideraba que no podía hablarse de innovaciones exclusivamente ahorradoras de trabajo o de capital. Aunque podían existir, se trata de casos excepcionales. Por lo general toda innovación ahorra ambos factores, aunque en distinta proporción. De aquí que exista un sesgo[177], que por otro lado, puede ser compensado o no por la sustitución

---

[175] En un intento de explicar los hechos observados en la industria británica de 1924 a 1950 afirma: "Puede decirse que los conocimientos tecnológicos fundamentales han cambiado muy poco (la función de producción fundamental de cada industria permanece básicamente inalterada), pero que la mayoría de los nuevos métodos son simplemente nuevos diseños dentro del ámbito de los conocimientos existentes. Impulsados por los cambios de los precios relativos, los ingenieros simplemente han reordenado los conocimientos en busca de diseños que ahorran trabajo. Esta hipótesis implica que gran parte de lo que llamamos progreso técnico es simplemente un fraude, una forma disfrazada de sustitución de los factores". SALTER (1960), p. 190.

En este aspecto mantenía una posición distinta a la expresada por Solow (1957), p. 320, tan sólo tres años antes, quién consideraba un cambio técnico "cualquier clase de desplazamiento de la función de producción " y añadía que consideraba expresamente "los retardos, las aceleraciones, los mejoramientos en la educación de la fuerza de trabajo, y toda clase de cosas".

[176] SALTER (1960), pp. 76.

[177] En la definición del progreso técnico como un desplazamiento hacia el origen de las isocuantas de la función de producción, se trataría de un desplazamiento más intenso hacia uno de los ejes. Véase SALTER (1960), pp. 56-57 y 66 para un estudio detallado.

Universidad de Huelva 2009

de factores[178], incluso si el precio relativo de los factores se mantuviese constante[179].

Bajo estas premisas, no se niega que las innovaciones procuren reducir costes. Existe en realidad una preselección basada en el coste que lleva a los fabricantes de equipo a producir precisamente aquellos, que esperan, minimizarán los costes de sus clientes. Pero se trata de una minimización de los costes totales, no de los asociados al factor cuyo precio relativo ha aumentado, o se espera que aumente. Por otro lado, las empresas elegirán de entre todos los métodos disponibles aquél que sea lo suficientemente prometedor comercialmente como para que su desarrollo sea rentable. Además, en cada alternativa hay que elegir entre múltiples posibilidades. Estas dos últimas elecciones se harán en función de los precios relativos de los factores. Cambios en dichos precios relativos harán que técnicas que no eran rentables pasen a serlo y viceversa, modificando por tanto las elecciones. Pero estos cambios entran dentro de la sustitución de factores; no se trata por tanto de inducción en el sesgo de la innovación[180].

Para concluir la presentación que Salter hace de la consideración neoclásica del cambio técnico nos referiremos a las críticas que hace de la

---

[178] SALTER (1960), pp. 61-64.

[179] "En consecuencia, aun cuando el salario y el tipo de interés puedan ser constantes, el abaratamiento de los bienes de capital que se origina mediante el avance técnico reduce los costes de capital de la inversión real, fomentando así la sustitución de trabajo por capital .... Esta relación entre el progreso técnico y la sustitución de factores, cuando se observa desde el punto de vista de la oferta de factores y no desde su precio, refleja únicamente el hecho de que el progreso técnico tiende a aumentar la oferta de bienes de capital". SALTER (1960), pp. 66-67.

[180] SALTER (1960), pp. 38-39.

Universidad de Huelva 2009

visión de Harrod y, especialmente, de Hicks[181]. De Harrod, quién obvió el problema de la inducción del sesgo para centrarse en la neutralidad y la sustitución de factores, sólo critica que su teoría era válida para un análisis agregado del conjunto de la economía, pero no para un análisis individual de los diferentes sectores. El problema estribaba en que la neutralidad observada en términos agregados se alcanza como resultado de la compensación o efecto de los sesgos existentes en cada sector[182].

Pero la crítica más contundente la recibe Hicks. En primer lugar, le critica que base sus conclusiones en las técnicas observadas a lo largo de la historia. Dichas técnicas son el resultado de una compleja interacción entre el progreso técnico y la sustitución de factores, por lo que puede deducirse la existencia de un sesgo inducido o inherente en el progreso técnico. No obstante, investigando en la historia de la tecnología encontró que existió un sesgo inherente hacia el ahorro del trabajo. La razón fue la sustitución de la fuente de energía, que de ser humana pasó a ser mecánica. Dicho sesgo sólo existió en las primeras etapas de la industrialización, pero dicho efecto ya había desaparecido, o al menos se había debilitado extraordinariamente[183].

---

[181] Son los dos únicos autores a los que se refiere críticamente en cuanto a la visión de sesgo, neutralidad e inducción en el caso de Hicks. A Solow sólo lo menciona en la p. 32 (nota al pie nº 7), y es para apoyar el argumento de que la productividad marginal del trabajo sólo puede entenderse en relación con el capital.

[182] SALTER (1960), p. 72.

[183] Apoya su afirmación en las conclusiones de EVANS (1947), realizadas a partir de los hallazgos del United States Bureau of Labor Statistics. Afirmaba que la economía había concluido la etapa de sustitución de la producción manual por la producción mecanizada y se había pasado a una situación en la que las máquinas más anticuadas son sustituidas por otras máquinas mejoradas. EVANS, Duane (1947): "Recent productivity trends and their implications". *Journal of American Statistical Association*, vol. 42, nº 238, p. 222.

Universidad de Huelva 2009

Minimiza la teoría de la existencia de un sesgo inducido en la innovación, tal como mantenía Hicks, hasta el punto que refleja la siguiente afirmación. "Esta teoría sugiere que el encarecimiento del trabajo respecto al capital estimula la búsqueda de técnicas que ahorren trabajo. Si esto significa que se obtienen nuevos proyectos "ahorradores de trabajo" de un mismo fondo de conocimientos existentes, entonces este proceso es equivalente a la sustitución... Es una mera cuestión semántica... Si, por el contrario, la teoría implica que el encarecimiento del trabajo estimula la búsqueda de nuevos conocimientos dirigidos específicamente a ahorrar trabajo, se pueden presentar serias objeciones a su validez. El empresario está interesado en reducir los costes totales ... y es irrelevante que eso se alcance ahorrando trabajo o capital. No hay razón alguna para suponer que se debe concentrar la atención en las técnicas "ahorradoras de trabajo", a menos que, debido a alguna característica intrínseca de la tecnología, el conocimiento "ahorrador de trabajo" sea más fácil de adquirir que el que permite ahorrar capital"[184].

En cuanto al motivo que tenía el empresario, tanto para llevar a cabo una sustitución de factores como para adoptar un nuevo proceso de producción, Salter aducía que era la minimización del coste total de producción y no la minimización del coste relativo a un input particular. Además consideraba que las innovaciones no sólo eran ahorradoras de trabajo, las más fácilmente observables por las fricciones que generan a través del desempleo tecnológico. Junto a ellas también hay invenciones

[184] SALTER (1960), pp. 75–76.

Universidad de Huelva 2009

ahorradoras de capital, mucho más difíciles de discernir, pero igualmente importantes[185].

Podemos resumir el enfoque neoclásico con la conclusión sobre la imposibilidad de que surjan innovaciones inducidas, lo que niega también la existencia de progreso técnico inducido. Y ello por dos motivos. En primer lugar, porque la innovación consiste en un cambio de técnicas o procesos de producción que reduce el coste medio de producción, manteniéndose constantes los precios de los factores[186]. De otro lado, porque todos los inputs son igualmente apreciados (valorados) y productivos en el margen, siempre que dicho margen exista[187]. El elemento fundamental para el análisis es la función neoclásica de producción agregada. El cambio técnico puede verse, bien expresado a través de la función de producción *ex–ante*, bien a través de la comparación de dos situaciones de equilibrio. Sin embargo, en ambos casos, cuando la variedad del ritmo del cambio técnico en los distintos sectores productivos es muy diferente, la detección a través de la función de producción agregada de la neutralidad en cualquiera de los tres sentidos, debe considerarse como una casualidad inusual[188].

---

[185] SALTER (1960), pp. 61–64.

[186] Esta definición es de BLAUG (1963), p. 78.

[187] Recordemos que la condición de igualdad de las productividades marginales ponderadas puede expresarse como igualdad en el incremento de producción obtenido con la última unidad monetaria ajustada a cada factor empleado en la producción. Véanse FERGUSON (1969) y SAMUELSON (1965) para un análisis más detallado, en especial p. 337 y p. 349, respectivamente.

[188] HEERTJE (1973), pp. 166–167.

Universidad de Huelva 2009

La principal debilidad de este análisis surge cuando consideramos que la información puede ser imperfecta, incluso si admitimos la libre competencia en los mercados de factores de la producción. En estas circunstancias, una empresa que no anticipe adecuadamente cambios en los precios de los factores que utiliza, aun aprovisionándose de ellos en mercados competitivos, puede elegir una combinación de inputs sesgada, distinta de la que hubiese elegido de haber anticipado los cambios en los precios. Una vez conocidos dichos cambios, tenderán a cambiar la combinación de factores para adaptarla a los nuevos precios relativos. Esta adaptación podría entenderse como una innovación inducida para alcanzar el equilibrio de la producción[189].

Como acabamos de comprobar, en el marco general de la teoría estática de la empresa bajo las hipótesis de competencia pura y perfecta, el concepto de innovación inducida no tiene justificación teórica alguna. Sin embargo, relajando ligeramente las condiciones neoclásicas podemos encontrar cierto contenido para la inducción. Tal es el caso de una consideración dinámica en la que el empresario anticipa un cambio en los precios relativos de los factores. Algo semejante ocurre en el caso de la competencia imperfecta[190].

---

[189] En KAMIEN y SCHWARTZ (1968) encontramos una discusión más detallada de esta cuestión. Nótese además que aquí habría una diferencia crucial frente al modelo neoclásico. El progreso técnico no es un maná que cae del cielo, sino que se convierte en un fenómeno producido y costoso, para el que es necesario, entre otros aspectos, un coste de búsqueda para anticipar la evolución de los precios de los factores.

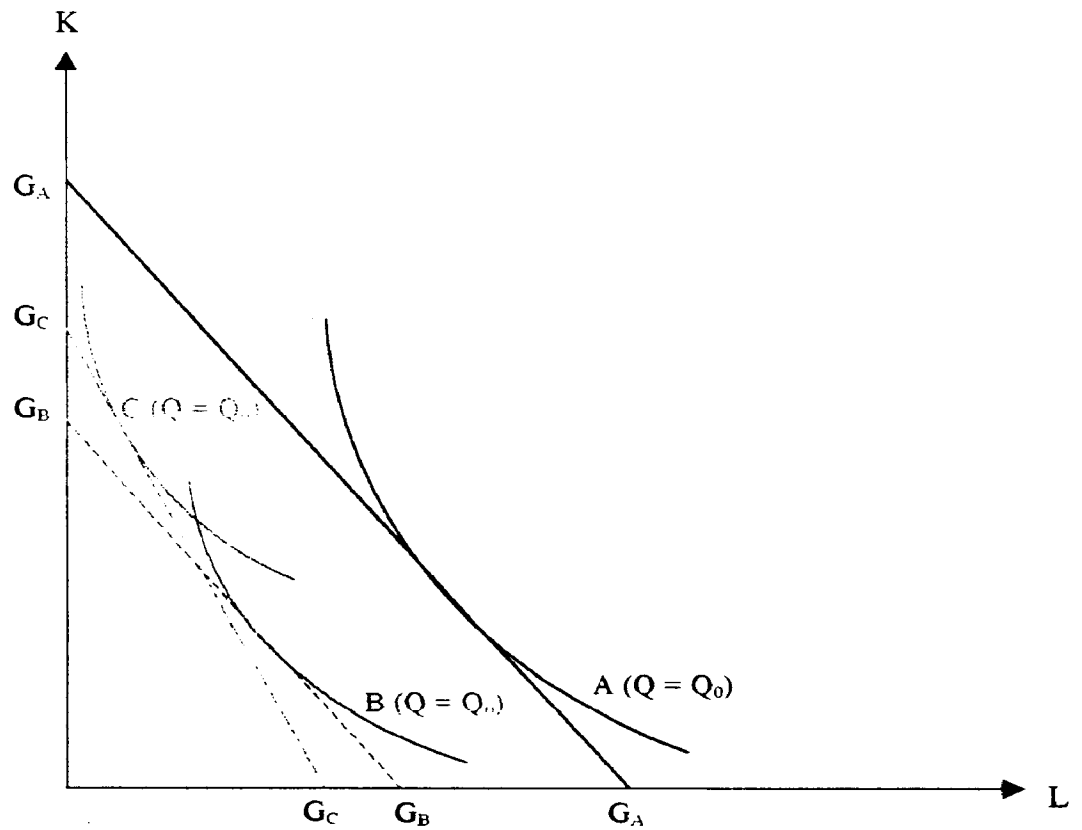
[190] En FELLNER (1961) se introducen ambas posibilidades de forma sistematizada, aunque ya las había apuntado en sus *Trends and Cycles in Economic Activity*, de 1956, en especial las pp. 220 a 222.

A este respecto, BLAUG (1963), p. 97, considera que ambos argumentos equivalen a uno sólo: "incluso las empresas competitivas experimentan un proceso de aprendizaje que las lleva a

Universidad de Huelva 2009

Para ilustrar el caso de una anticipación, consideraremos que el factor trabajo se ha vuelto escaso a nivel macroeconómico y que el empresario espera que en el futuro (el próximo período) el salario aumente en relación al interés. Este encarecimiento relativo del factor trabajo modificará la pendiente de la línea isocoste a la que espera enfrentarse el empresario y acabará por introducir un sesgo en el progreso técnico tendente a ahorrar el factor relativamente escaso, tal y como representa la Figura 1.1.

FIGURA 1.1: INNOVACIÓN INDUCIDA POR ANTICIPACIÓN DE CAMBIOS EN LOS PRECIOS RELATIVOS EN MERCADOS DE FACTORES PERFECTAMENTE COMPETITIVOS (PROCESO DE APRENDIZAJE)



Fuente: FELLNER (1961), p. 189

comportarse *como si* fuesen monopolistas"

Universidad de Huelva 2009

Las isocuantas A, B, C representan el mismo volumen de producción con tres tecnologías distintas, la antigua (A) y dos alternativas mejores, una neutra (B), y otra (C) ahorradora de factor trabajo, que se ha vuelto relativamente escaso a nivel agregado. La elección óptima entre B y C dependerá de que se mantengan o cambien los precios relativos de los factores. Siendo los precios iniciales los representados por la isogasto G_A, si estos se mantuviesen, la elección óptima sería la tecnología B que reduciría costes medios (la isogasto G_B está por debajo de la G_A) de forma neutra ya que mantendría las proporciones en que utiliza los factores. Por el contrario, si se encareciese relativamente el factor que escasea a nivel macroeconómico (trabajo) el empresario se enfrentaría a la isogasto G_C en vez de la G_B. En este caso la elección óptima sería la tecnología C[191], que tiene un sesgo ahorrador de factor trabajo, cuyo precio (el salario) ha aumentado respecto al del factor capital. Si las expectativas de la empresa son un incremento del precio relativo del factor trabajo tendrán preferencias por las innovaciones que ahorren dicho factor. La razón es que si con los precios actuales dicha innovación es inferior a una neutral (menos rentable), con las expectativas de los nuevos precios pasa a ser superior, es decir, más rentables.

La adopción de una innovación sesgada hacia el ahorro de uno de los factores tendrá lugar no sólo cuando cambian efectivamente los precios relativos de los factores, sino también cuando el empresario anticipe tal cambio y decide tomar en cuenta tales anticipaciones. Es decir, como

[191] Nótese que B sería la mejor de todas las alternativas posibles cuando los precios permanecen constantes, mientras que C sería la mejor de todas las alternativas posibles cuando los precios cambian. Ambas tecnologías estarían disponibles simultáneamente.

Universidad de Huelva 2009

resultado de la acumulación de experiencia, fruto de su actividad productiva, existe un proceso de aprendizaje que puede inducir a las empresas a comportarse como si fuesen lo suficientemente grandes para sentir que a nivel macroeconómico la oferta de factores de la producción no es infinitamente elástica. Sin embargo, si no toma en cuenta las anticipaciones, el sesgo no tendrá lugar, porque en tales circunstancias la superioridad o inferioridad de una innovación para la empresa atomista no depende de que sea relativamente ahorrador de un factor u otro, sino de su efecto sobre los costes totales[192].

Para ilustrar cómo la competencia imperfecta puede inducir a adoptar tecnologías con sesgo ahorrador de uno de los factores, consideraremos dos tecnologías alternativas, una intensiva en factor trabajo (B) y otra relativamente intensiva en capital (C). Tal y como muestra la Figura 1.2 si los mercados de factores fuesen perfectamente competitivos (y los factores perfectamente divisibles), la empresa podría encontrar las proporciones adecuadas de factores para obtener el mismo volumen de producción con ambas tecnologías sobre la misma isogasto, representadas por la tangencia de B y C sobre G_B.

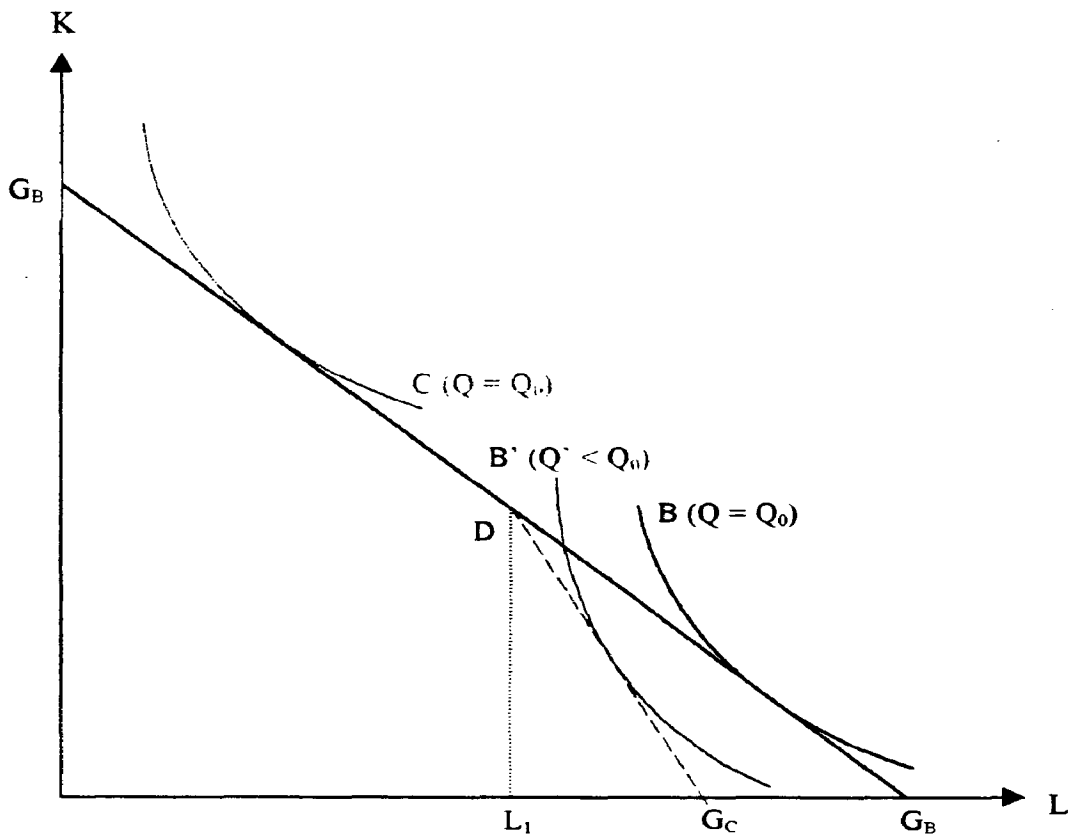
Sin embargo, si existiese una imperfección en el mercado de trabajo, la empresa podría encontrarse con que a partir de un determinado nivel crítico (L_1) tiene dificultades para abastecerse de la mano de obra que necesita una cualidad específica a una tasa de salario constante. Como consecuencia se verá obligada a pagar mayores salarios si es que quiere abastecerse de factor trabajo, lo que representamos gráficamente con un

[192] FELLNER (1961), p. 191.

Universidad de Huelva 2009

quiebro en la línea isogasto para el nivel crítico L_1. A partir de este nivel, la línea isogasto se gira hacia dentro debido al encarecimiento relativo del factor trabajo.

FIGURA 1.2. INDUCCIÓN DE LA INNOVACIÓN POR IMPERFECCIONES DE CARÁCTER MONOPOLISTA



Fuente: FELLNER (1961), p. 190.

Ahora, la empresa ya no se enfrenta a la isogasto G_B, sino a la G_BDG_C. La solución de tangencia de la isocuanta B con la isogasto G_B ya no es posible. Con la tecnología intensiva en factor trabajo ya sólo se encuentra una tangencia de isocuanta B´ con el tramo G_C de la isocoste, para un volumen de producción inferior con el mismo gasto. Como consecuencia de la imperfección del mercado las dos tecnologías ya no son equivalentes.

Universidad de Huelva 2009

Ahora es preferida la que ahorra el factor trabajo, relativamente más caro por culpa de la imperfección del mercado[193].

En definitiva, las reticencias neoclásicas hacia la existencia de un sesgo inducido en las innovaciones se deriva de que aquellos modelos que utilizan la función de producción agregada de Cobb-Douglas encontrarán que el cambio técnico es neutral tanto en el sentido de Hicks como en el de Harrod[194]. En tal caso, la discusión no se estará centrando sobre la neutralidad de las innovaciones, sino sobre la de sus aplicaciones concretas en el sistema productivo, que como sabemos no son más que el resultado de las elecciones óptimas entre todas las posibilidades técnicas disponibles[195].

b) Análisis a la luz de las isocuantas generalizadas

Acabamos de ver que quiebras en la línea isogasto pueden introducir un sesgo discriminatorio entre dos tecnologías que en otro caso habrían sido equivalentes. O para ser más precisos, entre dos grupos de innovaciones según utilizasen una cantidad del factor relativamente escaso mayor o menor que el nivel crítico. Generalizando esta relación entre isocuantas (o lo que es lo mismo entre funciones de producción), podemos afirmar que, con divisibilidad perfecta de los factores, habrá infinitas

---

[193] Más concretamente deberíamos decir que es preferida cualquier tecnología que requiera una cantidad de factor trabajo menor que el nivel crítico frente a cualquier otra que requiera una cantidad mayor. Nótese además, que se supone un conocimiento muy preciso del mercado por parte de la empresa así como sobre las diferentes tecnologías disponibles, que obtiene a través de un proceso de aprendizaje y experiencia acumulados.

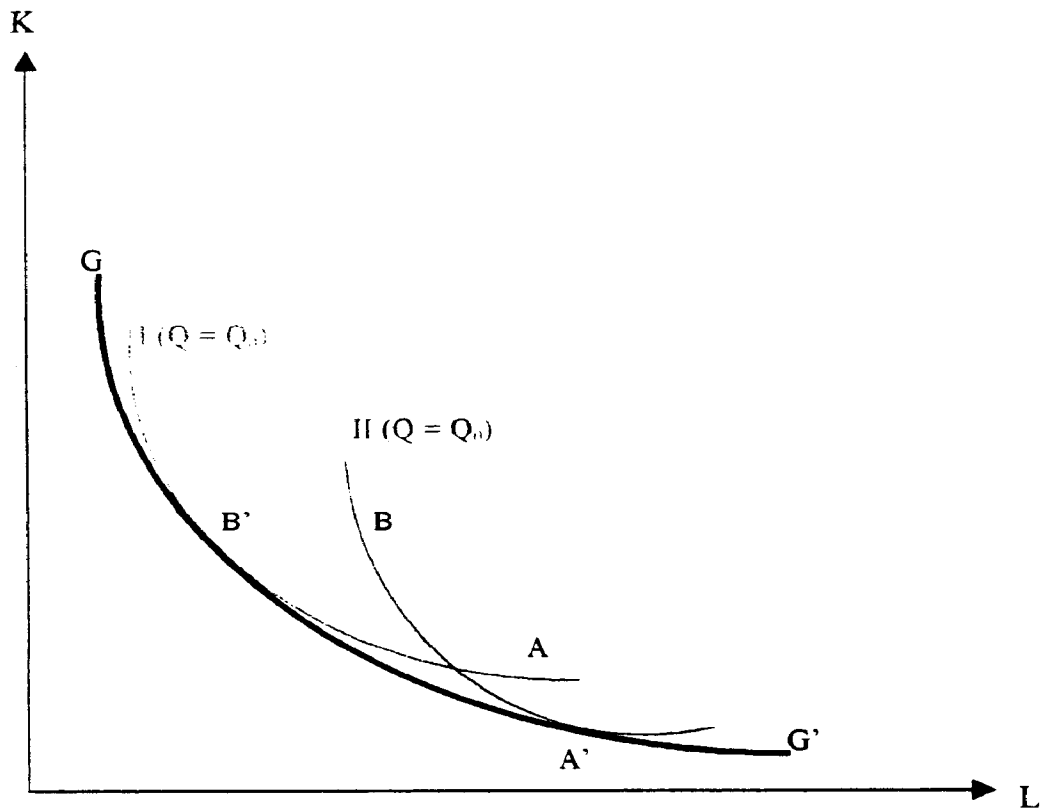
[194] UZAWA (1961) así lo demuestra.

[195] HEERTJE (1973), p. 164.

Universidad de Huelva 2009

isocuantas, cada una correspondiente a una función de producción, que permitirán obtener el mismo nivel de producto. Cabe preguntarse si existe alguna relación entre ellas y si es posible "resumir" la información del conjunto de isocuantas en una única curva. Ambas cuestiones las ilustramos en la Figura 1.3, en la que por simplicidad sólo hemos representado dos de las isocuantas equivalentes, es decir, que se corresponden al mismo nivel de producción y con distintas proporciones de factores.

FIGURA 1.3. LA ISOCUANTA GENERALIZADA.



Al comparar ambas técnicas, una intensiva en trabajo y la otra en capital observamos cómo no es eficiente producir más allá del punto de intersección entre ambas. En efecto, la producción obtenida con cualquier

Universidad de Huelva 2009

combinación de factores como B, con la tecnología intensiva en trabajo, puede obtenerse con la tecnología intensiva en capital con una combinación sobre la isocuanta I antes del punto de intersección. En este caso, obtendríamos la misma producción, pero utilizando menos factor trabajo y no más factor capital, por ejemplo con la combinación B´.

Independientemente de los precios de los factores, resulta menos costoso producir con la tecnología I que con la II en B o cualquier combinación más allá de la intersección entre ambas isocuantas. De forma semejante, es menos costoso producir con la tecnología II que con cualquier punto como A, situado más allá de la intersección entre las isocuantas.

La intersección entre los conjuntos de posibilidades de producción que dos isocuantas representan, no es por tanto económicamente significativa. Si representamos todas las posibles isocuantas que, con distintas técnicas, permiten obtener el mismo volumen de producción, la zona económicamente significativa de cada una de ellas se iría reduciendo al haber cada vez más intersecciones. En el límite, de cada isocuanta sólo habría un punto económicamente significativo, precisamente el que pertenece también a la envolvente de todas las isocuantas. A esta envolvente la conocemos como isocuanta generalizada[196] y cada una de las isocuantas representa una de las técnicas disponibles en cada momento.

Sin embargo, el empresario puede verse en la necesidad de anticipar las técnicas que va a poder desarrollar a partir de la utilización de la experiencia y el "savoir faire" acumulados. Buscando la zona

[196] Generalized production isoquant, desarrollado por FELLER (1972), en especial p. 157.

Universidad de Huelva 2009

económicamente significativa de las isocuantas asociadas a cada una de las técnicas que espera poder desarrollar obtendrá la envolvente. Esta envolvente constituye una Curva de Posibilidades de Innovación[197], que podemos considerar como una isocuanta generalizada anticipada.

En estos términos, la curva de posibilidades de innovación viene dada por aspectos puramente técnicos, mientras que la elección de un punto concreto de dicha curva (elección de una de las isocuantas –técnicas– a las que envuelve) es una cuestión económica. En el marco optimizador del análisis neoclásico, la elección se hace mediante una solución de tangencia: se adopta aquella técnica que hace que la curva de innovaciones sea tangente a una línea isocoste. De esta forma se está minimizando el coste total de producción. Una vez realizada la elección de una técnica, las demás (cuyas isocuantas pertenecen a la misma curva de posibilidades de innovación) se vuelven no pertinentes desde un punto de vista económico. Dicha elección determina la función de producción que la empresa utilizará hasta la próxima invención [198].

El mecanismo de inducción de las innovaciones está ilustrado en la Figura 1.4. Inicialmente, los precios de los factores son los que determinan la línea isocoste G_t. La técnica óptima de producción es T_t, punto de tangencia de la isocuanta I_t y la curva de innovación C_t con la isocoste. Si por cualquier motivo el salario aumentase hasta que los precios relativos de los factores sean los que expresa la pendiente de la línea isocoste G'_t, la técnica inicial T'_t ya no es económicamente eficiente.

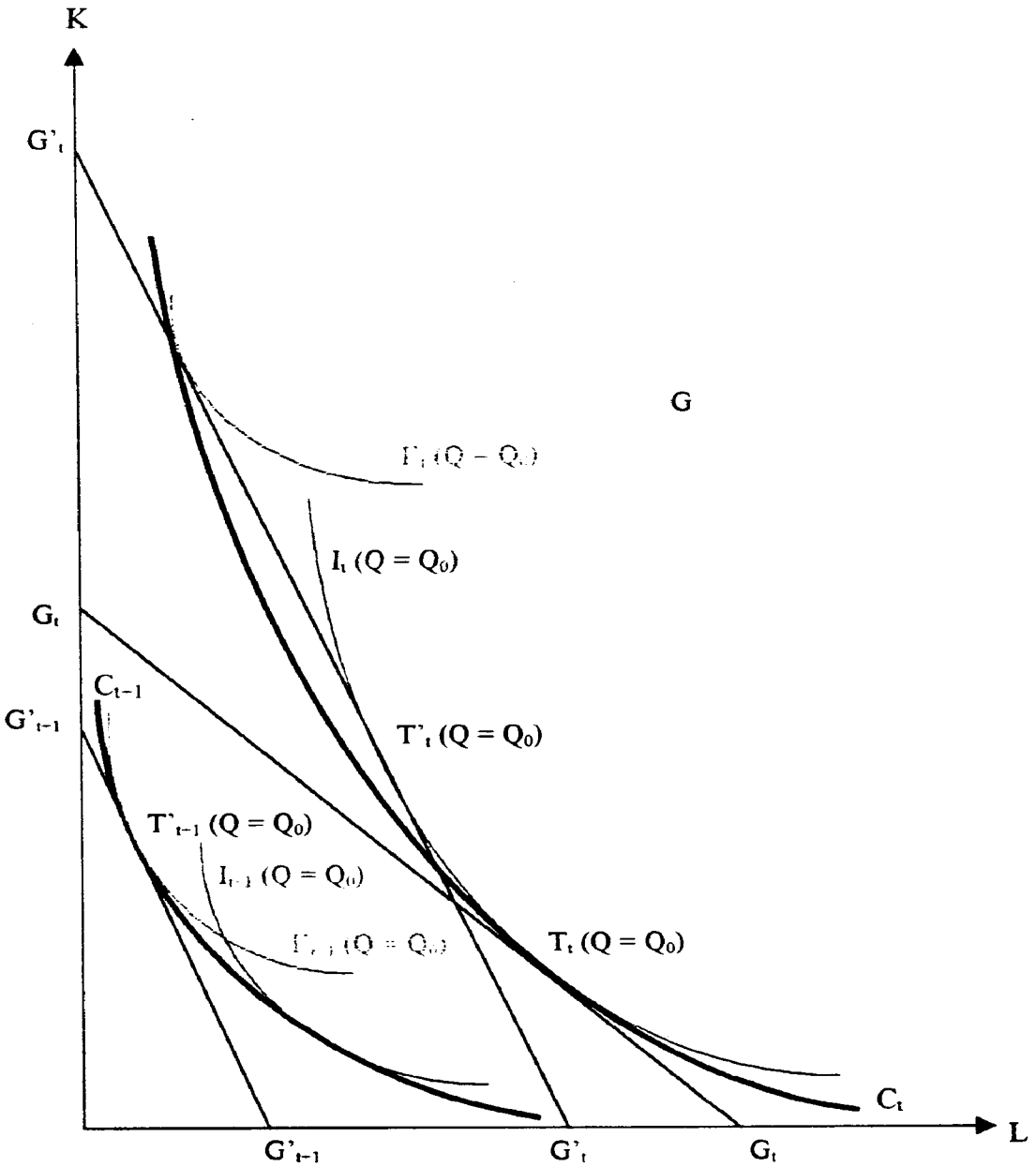
---

[197] En AHMAD (1966) se desarrolla este concepto.

[198] AHMAD (1966), pp. 347–348.

Universidad de Huelva 2009

FIGURA 1.4. INDUCCIÓN DE LAS INNOVACIONES



Fuente: AHMAD (1966), p. 349.

Como al elegir la función de producción que representa la isocuanta I_t ya no es posible realizar un cambio inmediato a cualquier otra de la curva

Universidad de Huelva 2009

de innovación C_t (por ejemplo I'_t), la adaptación de la empresa a esta nueva relación de precios deberá hacerse en dos tiempos[199].

Primero, deberá moverse a lo largo de la isocuanta I_t hasta T_t' en que es tangente a la nueva isocoste G_t. Esta nueva técnica, más intensiva en capital, estará en servicio hasta que una nueva invención permita a la empresa cambiar de curva de posibilidades de innovación. Puesto que la nueva técnica forma parte de la tecnología ya conocida, se trata de una sustitución, no de una innovación.

Posteriormente, cuando ha transcurrido el tiempo suficiente para que se genere una nueva invención que sitúe a la empresa ante la nueva curva de posibilidades de innovación C_{t+1}, deberá realizarse de nuevo la elección de la técnica a emplear, mediante una solución de tangencia. En estas nuevas circunstancias, la elección óptima será T'_{t+1} sobre I'_{t+1}, punto de tangencia entre I'_{t+1}, C_{t+1} y la línea isocoste G_{t+1}.

Para aislar los efectos de los cambios en los precios relativos de los factores de la naturaleza técnica de la innovación, en la Figura 1.4 C_{t+1} representa una innovación tecnológicamente neutra respecto a C_t. Del mismo modo, I'_{t+1} es neutra respecto a I'_t. Sin embargo, I'_{t+1} tiene un sesgo ahorrador de factor trabajo respecto a I_t[200], que surge como consecuencia del cambio en los precios relativos de los factores.

---

[199] Como el propio AHAMD (1966), p. 348 nota al pie 1, reconoce, en esta argumentación se encuentra en todo momento implícita la asunción de que la obtención de una invención requiere más tiempo que la sustitución de factores.

[200] La neutralidad de las curvas de posibilidades de innovación se da cuando no hay ningún *motivo técnico para cambiar la proporción utilizada de factores si sus precios relativos* permanecen constantes. Por el contrario, será sesgada cuando las características técnicas de la

Universidad de Huelva 2009

Así, incluso con una curva de posibilidades de innovación tecnológicamente neutra puede generarse una innovación sesgada, como respuesta al incremento del precio relativo de un factor. Pero si la nueva curva de innovación fuese tecnológicamente sesgada en vez de neutra, este sesgo ahorrador del factor que se ha encarecido relativamente podría verse acentuado o atenuado, en función del tipo de sesgo tecnológico que existiese[201]. A partir del análisis de Ahmad, podemos afirmar que existen dos tipos de sesgo en el progreso técnico. Uno, el sesgo tecnológico, representado por la curva de posibilidades de innovación, viene dado de forma exógena. El otro, surge endógenamente como respuesta a consideraciones económicas y está representado en la elección de la isocuanta (función de producción) más apropiada dentro de la curva de posibilidades de innovación.

1.3. RUPTURA CON EL ENFOQUE NEOCLÁSICO.

Acabamos de ver una sucinta revisión de los desarrollos neoclásicos, consagrados al estudio de la existencia o no de inducción en el progreso técnico. Hemos comprobado que empleaban, como instrumentos analíticos fundamentales, la función de producción (reformulada en el caso de Ahmad) y los precios relativos de los factores, o su equivalente, la escasez relativa de los mismos.

---

innovación conlleven una variación en las proporciones utilizadas de cada factor con precios relativos invariados. AHMAD (1966), p. 348.

[201] Ahmad rechaza así el carácter necesariamente ahorrador del factor cuyo precio relativo se ha incrementado que se deriva de los planteamientos de Fellner, expuestos anteriormente.

Universidad de Huelva 2009

Pero quizá la característica más destacable sea la consideración exógena del cambio tecnológico. Dada la creciente importancia que los estudios empíricos atribuyen al cambio tecnológico para explicar el crecimiento económico de las economías capitalistas desarrolladas[202], dicha consideración equivalía a admitir una ignorancia e incapacidad de explicar las causas más profundas del crecimiento económico[203]. La primera reacción, y quizá la crítica más enérgica, es la de Schumpeter, para quien la innovación no sólo es endógena al sistema económico, sino que juega un papel crucial en el proceso de cambio económico, la característica fundamental del capitalismo. Por otro lado, se desarrollaron también otros análisis que pretendían conectar las teorías del crecimiento económico y el progreso técnico inducido, en el marco de un crecimiento equilibrado en el que el progreso técnico es un fenómeno endógeno al modelo.

Estos análisis abandonan la función de producción como elemento fundamental del análisis y siguen dos líneas fundamentales de investigación. Unos se centrarán en la existencia de una relación entre el ritmo en que ocurren los cambios tecnológicos, la distribución y la acumulación de capital. Otros optarán por sustituir la función de producción por el nuevo concepto de frontera de posibilidades de innovación y sustituirán los precios relativos de los factores por su participación relativa en los costes totales de producción (estructura o

---

202 No es nuestro objetivo presente profundizar en las relaciones existentes entre cambio tecnológico y desarrollo y crecimiento económico. En MOKYR (1990), en especial pp. 15–35, puede encontrarse una interesante discusión sobre estos aspectos. Véase también HARROD (1948), BURMEISTER y DOBELL (1969 y 1970) y ABRAHAM–FROIS (1974), entre otros.

203 Es lo que ha llevado a ROSENBERG (1982) a asemejar la concepción neoclásica del cambio técnico con una caja negra.

Universidad de Huelva 2009

distribución porcentual de los costes), como variables inductoras del progreso técnico. Así conseguirán explicar la dirección que toma el progreso técnico y, secundariamente, su ritmo.

1.3.1. La visión schumpeteriana: estructura del mercado y endogeneidad del cambio técnico.

Hasta ahora hemos considerado diversos aspectos del cambio técnico, pero sin entrar en cuales son las fuentes y las causas que motivan la aparición del mencionado cambio técnico. La razón es que éste era considerado como un elemento exógeno al sistema económico. Surgía como resultado de hechos completamente ajenos a las decisiones económicas. La actividad de científicos y tecnólogos no se incluía dentro de las actividades económicas; era cómodamente obviada, dada la dificultad inherente a su tratamiento en los modelos económicos.

Fue Schumpeter el primero en destacar que la actividad innovadora era una importante fuerza endógena de cambio económico. Consideraba que la lógica interna del sistema económico (capitalista) tiene un carácter dinámico y no estático[204]. Es decir, la principal preocupación del análisis schumpeteriano era cómo el sistema genera cambio económico y no cómo restaura el equilibrio. El cambio económico es el resultado del impacto producido por el proceso de innovación. Ello se debe a que la innovación genera nuevas oportunidades de negocio hasta el momento no

[204] Un buen ejemplo de esta consideración lo tenemos en la siguiente afirmación: "Whereas a stationary feudal economy would still be a feudal economy, and a stationary socialist economy, would still be a socialist economy, stationary capitalism is a contradiction in terms". Extraída de "Capitalism in the Post-war World", en Richard V. CLEMENCE (1951): *Essays of J. A. Schumpeter*. Addison-Wesley, Cambridge, MA, p. 174.

Universidad de Huelva 2009

desarrolladas, acerca de las cuales el conjunto de instrucciones y experiencias de la rutina existente no enseñan nada; resulta imperativo por tanto cambiar las instrucciones y extraer nuevas experiencias, en definitiva cambiar el modo de operar[205].

Recordemos que la que se ha dado en llamar "trilogía schumpeteriana"[206] en alusión a las tres etapas (invención, innovación y difusión) del proceso de cambio técnico estaba completamente alejada del mundo de los fenómenos estudiados por la economía neoclásica. Sin embargo, para Schumpeter se trata de fenómenos altamente endógenos al mundo económico y sujetos por tanto al tirón gravitacional de las fuerzas económicas[207].

a) Innovación, destrucción creadora y ciclos económicos.

La preocupación de Schumpeter por la innovación y el cambio técnico y sus efectos surge en el contexto de su interés por el desarrollo económico en general. La innovación era la fuerza impulsora de dicho desarrollo económico[208]. Pero para demostrarlo, partía de lo que llamó "corriente

---

[205] SCHUMPETER (1942), p. 122.

[206] STONEMAN (1983), pp. 7-8.

[207] Como veremos más adelante, inicialmente consideraba que la primera de esas etapas, la innovación, caía fuera de la racionalidad económica. No fue hasta la publicación de su obra cumbre, *Capitalismo, Socialismo y Democracia*, en 1942, cuando aceptó el carácter endógeno también para la invención y la actividad científica. No obstante, esta aceptación era altamente pesimista, por cuanto significaba la rutinización de la innovación y acabaría por suponer la desaparición del propio sistema capitalista, en la medida en que burocratizaba la función empresarial.

[208] Este hecho queda reflejado en su obra cumbre, cuando afirma que el "impulso fundamental que pone y mantiene en movimiento a la máquina capitalista procede de los nuevos bienes de consumo, de los nuevos métodos de producción y transporte, de los nuevos mercados, de las

Universidad de Huelva 2009

circular", una construcción teórica radicalmente opuesta al desarrollo económico y más próxima al estado estacionario en competencia perfecta característico del análisis neoclásico[209].

La corriente circular consiste en una repetición indefinida de la actividad económica sin modificaciones, en competencia perfecta, sin beneficios, completamente sincronizada, en la que todos los riesgos son asegurables, el interés nulo y el producto se distribuye entre los factores de la producción. La repetición facilita el aprendizaje a todos los niveles y la formación de expectativas acertadas, por lo que queda excluida cualquier incidencia de la creatividad en la economía. No hay lugar, entonces, para el desarrollo económico. Sin embargo, no consideraba que la corriente circular (y por tanto la competencia perfecta) fuese un esquema exacto de la realidad[210]. Se trataba simplemente de una construcción metodológica en la que se apoyaba su teoría del desarrollo económico. Al analizar el desarrollo económico se centraba, por un lado, en el estudio de aquellas transformaciones económicas de tal magnitud que llegan a desbordar el marco, teórico y real, de la corriente circular, generando así progreso o

---

nuevas formas de organización industrial que crea la empresa capitalista". SCHUMPETER (1942), p. 120.

[209] Véase SCHUMPETER (1912), pp. 51–56 para una exposición detallada de la corriente circular y sus elementos fundamentales.

[210] "Esta tesis implica la creación de una edad de oro de la competencia perfecta completamente imaginaria... la competencia perfecta no ha sido nunca más realidad de lo que lo es en la actualidad". SCHUMPETER (1942), p. 118.

Véase SCHUMPETER (1942), pp. 115–117 y 146–149 para una crítica, un tanto acerba, de la competencia perfecta.

Universidad de Huelva 2009

desarrollo económico. Por otro lado, se preocupaba de cuáles eran las causas que propiciaban estas transformaciones[211].

Schumpeter consideraba, por tanto, dos tipos de cambios en la economía. Unos se producían de forma continua, eran de pequeña magnitud y no llegaban a alterar el curso tradicional de la corriente circular y por tanto no generaban desarrollo. Los otros comportan, por lo general, alguna forma de discontinuidad y tienen la magnitud suficiente para romper las barreras de la tradición. Los primeros vendrían impuestos exógenamente, como resultado del crecimiento de la población y la acumulación de riqueza, las guerras, los accidentes y catástrofes naturales. El segundo tipo surge como resultado de las fuerzas económicas a través de innovaciones, que generan cambios cualitativos radicales. Se producen de forma discontinua, operan por rupturas y se imponen de forma endógena. Sólo estos últimos puede considerarse que generan desarrollo económico[212].

Este desarrollo económico tiene lugar a través de los ciclos económicos[213]. La fase de auge del ciclo se da por la aparición de nuevas

---

[211] SCHUMPETER, (1912), pp. 72-74.

[212] "Por tanto, entendemos por 'desenvolvimiento' solamente los cambios de la vida económica que no hayan sido impuestos a ella desde el exterior, sino que tengan un origen interno... [No] se llamará aquí proceso de desenvolvimiento al mero crecimiento de la economía, reflejado por el de la población y la riqueza". SCHUMPETER (1912), p. 74.

[213] "Pero ninguna terapéutica podrá obstruir permanentemente el gran proceso social y económico, *por el cual se hunden en la escala social para desaparecer finalmente las empresas*, posiciones individuales, formas de vida, valores culturales e ideales. En una sociedad con propiedad privada y libre competencia, este proceso es el complemento necesario del emerger continuo de nuevas formas sociales y económicas, y de ingresos reales en continuo crecimiento para todas las capas sociales... Estos cambios (cíclicos) son más importantes desde el punto de vista teórico y práctico, económico y cultural, que la estabilidad económica sobre la que se ha concentrado por tanto tiempo la atención analítica. Ya más característico del sistema capitalista

Universidad de Huelva 2009

empresas a raíz de las innovaciones. Estas nuevas empresas surgen por oleadas, no de forma continua, eliminan a las empresas antiguas en competencia y obtienen mayores beneficios. Posteriormente, la aparición de empresas tiene lugar de forma uniforme y continuada a través de un proceso especial de ajustes y absorción por el cual la vida económica se adapta a las nuevas condiciones. Este último proceso constituye la esencia de las depresiones, que no son otra cosa que la adaptación del sistema económico a la nueva situación impuesta por la fase previa de auge[214].

Es en este contexto donde el proceso de "destrucción creadora" cobra pleno significado y otorga su carácter evolutivo al capitalismo. Este carácter se manifiesta a través de un "proceso de mutación... que revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos. Este proceso de destrucción creadora constituye el dato de hecho esencial del capitalismo... y toda empresa capitalista tiene que amoldarse a ella para vivir[215].

---

que cualquiera de las cosas que puedan ser observadas en una sociedad estacionaria ". SCHUMPETER (1912), p. 254. Por otro lado, en SCHUMPETER (1939), p. 139, encontramos una explicación de la fase de recesión del ciclo como resultado de las reacciones de la economía a la fase de prosperidad.

[214] SCHUMPETER (1912), pp. 219 y 224-225. De los múltiples orígenes y causas que podían generar las crisis, Schumpeter se centró en su relación con el sistema económico para clasificar las crisis en endógenas y exógenas, según fuesen causadas por el funcionamiento del propio sistema, o no. A continuación, concentró su esfuerzo analítico exclusivamente en las crisis y depresiones endógenas.

[215] SCHUMPETER (1942), p. 121. No obstante, en nota al pie en esta misma página, especifica que "estas revoluciones incesantes no son incesantes en sentido estricto; tienen lugar en acometidas discontinuas, separadas unas de otras por etapas de relativa calma. Sin embargo, el proceso en su conjunto actúa incesantemente, en el sentido de que hay siempre o una revolución o bien una absorción de los resultados de una revolución, formando ambas cosas los llamados ciclos económicos".

Universidad de Huelva 2009

Llegamos así a la principal ruptura schumpeteriana con el análisis neoclásico. Se trata de la idea que había apuntado algunas páginas antes, la competencia perfecta no sólo no es una estructura de mercado posible, sino que si se diese generaría resultados inferiores a una estructura en la que surgen y desaparecen estructuras de control de mercado por parte de determinadas empresas de gran tamaño. La existencia de cierto grado de monopolio es por tanto una etapa de paso necesaria en el camino de progreso económico[216].

Es decir, Schumpeter plantea una nueva visión de la competencia basada en la innovación[217]. Se trata de una competencia por ser empresario innovador (en vez de imitador) y lograr así el poder de monopolio que va unido temporalmente a la innovación. Esta competencia es el elemento central de un proceso sistemático de desequilibrio que conduce la economía

---

Véase también STRASSMANN (1959) para un análisis crítico del proceso de destrucción creadora, al menos en el periodo 1850–1914, en el que más bien encuentra la coexistencia de diversas técnicas y no la sustitución de las más atrasadas por las más avanzadas.

[216] SCHUMPETER (1942), p. 125–149.

En este mismo sentido se pronuncia PALMA (1997), aunque en referencia exclusiva a la generación de innovaciones. Su idea es que, si bien se requiere cierta libertad de mercado para que se desarrollen las actividades empresariales, las condiciones para innovar son más favorables cuando existen ciertas limitaciones a dicha libertad, recogida en el sistema de derechos de propiedad. Sólo así se podrá garantizar la apropiación de los resultados del esfuerzo investigador. Este tipo de propiedad privada puede ser la que reconozca una patente o bien el poder de mercado ejercido por las empresas, pero en ambos casos el elemento característico es la existencia de un derecho individual y particular no compartido con otros. En ausencia de dicho derecho, las empresas carecerían de incentivos para asumir el riesgo inherente a la innovación, pues sus resultados tendrían el carácter de bien público.

[217] "La mayoría de las nuevas combinaciones no proceden de las empresas antiguas, ni toman inmediatamente su lugar, sino que aparece al lado de ellas haciéndole competencia" SCHUMPETER (1912), p. 226. Previamente, había afirmado que "no debemos asumir que la realización de nuevas combinaciones tiene lugar por el empleo de medios de producción que no estuvieran utilizados .... Por lo general, las nuevas combinaciones deben derivar de las antiguas los medios necesarios de producción ... La puesta en práctica de nuevas combinaciones supone, por tanto, simplemente el empleo distinto de las existencias de medios productivos del sistema económico". SCHUMPETER (1912), p. 78.

Universidad de Huelva 2009

a mayores niveles de producción, renta y, presumiblemente, de bienestar. Pero este planteamiento del efecto del poder de monopolio sobre la innovación abre además un debate al que más adelante prestaremos atención: la relación existente entre la estructura de mercado y la innovación.

Ya hemos dedicado una sección del presente capítulo a exponer una discusión acerca de la definición de innovación. No obstante, parece oportuno recordar aquí qué entendía exactamente Schumpeter por tal concepto. Quizá la definición más conocida sea la que la considera como un cambio en el funcionamiento de la producción, que puede ser de diversas causas: nuevo proceso, nuevo producto, apertura de nuevos mercados, adquisición de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o reorganización de la estructura de mercado[218]. Pero quizá sea más descriptiva la definición que dio más de dos décadas después en una obra dedicada al análisis del ciclo económico. En ella consideraba innovación al cambio histórico e irreversible en la forma de hacer las cosas, cambios en las funciones de producción que no pueden descomponerse en pasos infinitesimales[219].

En sus primeros trabajos[220], Schumpeter consideraba que la invención era una actividad realizada en el mundo científico y exógena al sistema

[218] SCHUMPETER (1912), p. 77.

[219] SCHUMPETER (1935), p. 135. Además, a modo de ejemplo, apostillaba que por más que se añadiesen tantos vagones de correos como se desease, nunca se conseguiría un tren simplemente con ello.

[220] "Debemos, por tanto, distinguir el liderazgo económico de la 'invención'. Las invenciones carecen de importancia económica en tanto que no sean puestas en práctica. Y la aplicación de cualquier mejora es una actividad muy diferente de su invención y que requiere aptitudes

Universidad de Huelva 2009

económico. Sólo la innovación era una actividad endógena. Ésta tendría lugar cuando el empresario innovador aplicaba alguna invención a la actividad económica y explotaba así oportunidades de negocio que hasta el momento no habían sido desarrolladas. Igualmente endógeno es el proceso de difusión a través de la actuación del empresario imitador.

Sin embargo, en su obra cumbre[221] ya consideraba que tanto la innovación como la invención y la ciencia son endógenas al sistema económico. La razón del cambio está en los cambios observados por Schumpeter en la realidad económica en el período transcurrido entre la publicación de ambos libros[222]. Este cambio fue el desarrollo de centros propios de investigación en el seno de la gran empresa, que los utilizaban estratégicamente para obtener las invenciones que posteriormente se transformasen en innovaciones y permitiesen explotar nuevas oportunidades de negocio. El capitalismo extendía así su racionalidad (análisis coste–beneficio) a un ámbito más de la vida, como lo ha hecho con la educación, las prácticas médicas, la filosofía, visión del cosmos y de la vida e incluso los conceptos de belleza, justicia y la propia ambición espiritual[223].

---

distintas. Si bien los empresarios pueden ser inventores... lo son por coincidencia y no por naturaleza, y viceversa... Por lo tanto no es aconsejable conceder demasiada importancia a las invenciones". SCHUMPETER (1912), p. 98.

[221] "...el capitalismo naciente ha producido no sólo la actitud mental de la ciencia moderna, actitud que consiste en plantearse ciertas interrogantes y procurar contestarlas de una manera determinada, sino que ha creado también los hombres y los medios... todos los rasgos y conquistas de la civilización moderna, son, directa o indirectamente, producto del proceso capitalista,... Ahí están el desarrollo de la ciencia racional y la larga lista de sus aplicaciones..." SCHUMPETER (1942), pp. 172–173.

[222] ROSENBERG (1994), p. 58.

[223] SCHUMPETER (1942), pp. 172–176.

Universidad de Huelva 2009

Es decir, se acaba por reducir a la rutina de todas las funciones del empresario, incluida la innovación[224]. El proceso de innovación llega a sistematizarse, a tomar pautas estables, que lo transforman radicalmente[225]. Aparecen funcionarios de la innovación que reemplazan a los empresarios en la función innovadora[226]. El resultado es la eliminación del proceso de destrucción creadora y por tanto del progreso económico mismo[227].

b) Empresario, beneficios e innovación.

Ya hemos visto que para Schumpeter, el capitalismo es un sistema dinámico, que evoluciona de forma constante como consecuencia, por un lado, de la aparición de cambios cualitativos, de forma discontinua, fruto de las innovaciones y por otro, a través del subsiguiente proceso de adaptación a las nuevas circunstancias. La aparición de una innovación rompe toda aproximación al estado estacionario que caracteriza la corriente circular. A continuación, el período de adaptación que le sigue inicia un nuevo camino de aproximación a otro nivel de estado estacionario, que de nuevo será roto por una innovación a la que seguirá una nueva etapa de adaptación, y así

---

[224] SCHUMPETER (1942), p. 184.

[225] "El mismo progreso puede mecanizarse... y esta mecanización del progreso afectar al sistema de empresa y a la sociedad capitalista casi tanto como la detención del progreso económico". SCHUMPETER (1942), p. 181.

[226] "Esta función social [la del empresario] está perdiendo importancia y está abocada a perderla en un futuro a ritmo acelerado... El progreso técnico se convierte, cada vez en mayor medida, en un asunto de especialistas capacitados que producen lo que se les pide y cuyos métodos les permiten prever los resultados prácticos de sus investigaciones". SCHUMPETER (1942), p. 181–182.

[227] "La unidad industrial gigante, perfectamente burocratizada, no solamente desaloja a la pequeña empresa y de volumen medio y –expropia– a sus propietarios sino que termina también por desalojar al empresario y por expropiar a la burguesía como clase, que en este proceso está en peligro de perder no sólo su renta, sino también, lo que es infinitamente más importante, su función". SCHUMPETER (1942), p. 184.

Universidad de Huelva 2009

sucesivamente. El resultado es un desarrollo económico generado de forma endógena por el sistema económico.

En este proceso, son relevantes no sólo las innovaciones tecnológicas en sentido estricto (aplicaciones de los conocimientos científicos y técnicos a la construcción de maquinaria o de nuevos bienes de consumo), sino también las que pueden llamarse "no tecnológicas" y que incluyen todos los aspectos organizativos y de gestión[228]. Parece deducirse que el criterio para distinguir qué es innovación está en la posibilidad de generar un beneficio extraordinario, asociada a la innovación[229].

Dada la importancia crucial de este proceso, cabe preguntarse por los papeles jugados en el mismo por cada uno de los agentes implicados. Cabe plantearse al menos tres tipos de agentes, los empresarios, los inventores y los consumidores. Para Schumpeter sólo los empresarios jugaban un papel principal y activo en el proceso de innovación; tanto consumidores como inventores tenían un papel secundario y pasivo[230].

---

[228] Esta concepción ya está presente en la descripción que hace de los cinco tipos de innovación que pueden existir. SCHUMPETER (1912), p. 77. Pero queda aún más clara en su *Business Cycles* cuando afirma que la taylorización del trabajo, la mejora en el manejo de los materiales, el establecimiento de nuevas formas organizativas (por ejemplo los grandes almacenes) y, en general, cualquier forma de hacer las cosas de modo distinto en el ámbito de la vida económica son distintas modalidades de lo que se considera como invención. SCHUMPETER (1939), p. 84.

[229] "La ganancia pecuniaria es indudablemente una expresión muy exacta del éxito, y en especial del éxito *relativo*, y tiene la ventaja... de ser un hecho objetivo e independiente en gran medida de la opinión de los demás". SCHUMPETER (1912), p. 103.

[230] "Estas alteraciones espontáneas y discontinuas en los cauces de la corriente circular, y estas perturbaciones del centro de equilibrio, aparecen en la esfera de la vida industrial y no en la esfera de las necesidades de los consumidores de productos acabados". SCHUMPETER (1912), p. 75.

"Las invenciones carecen de importancia económica en tanto que no sean puestas en práctica. Y la aplicación de cualquier mejora es una tarea completamente de su invención y que requiere

Universidad de Huelva 2009

Empresa consiste en la realización de nuevas combinaciones de producción y empresarios son los individuos encargados de dirigir dicha realización, tanto si se trata de propietarios independientes como si, por el contrario, son empleados dependientes[231]. Esto no significa que empresario pueda ser cualquiera. Para serlo se requieren una serie de cualidades, en especial la capacidad de liderazgo, para poder romper las resistencias al cambio[232].

Se establece así una clara distinción del empresario respecto al inventor y al capitalista según la función que desempeñan. Mientras el empresario es el encargado de dirigir el proceso de innovación, la destrucción creadora, el inventor simplemente genera una serie de conocimientos, que el empresario no siempre necesita para llevar a cabo la innovación[233]. Por otro lado, el capitalista no es más que el propietario del capital que lo financia. Y el capital no es sino "la suma de medios de pago disponibles en cualquier momento para su transferencia a los

---

aptitudes distintas. Si bien los empresarios pueden ser inventores, como pueden ser capitalistas, lo son por coincidencia y no por naturaleza, y viceversa." SCHUMPETER (1912), p. 98.

[231] SCHUMPETER (1912), p. 84.

[232] SCHUMPETER (1912), pp. 95–100.

[233] "No es parte de su función la 'creación' o la 'invención' de nuevas posibilidades, pues siempre se hallan presentes, acumuladas en toda clase de pueblos. A menudo se conocen bien, y las estudian los escritores sobre temas literarios o científicos. En otros casos no hace falta descubrir cosa alguna por ser totalmente obvia... Además, las innovaciones que llevan a cabo los empresarios no precisan ser invenciones en forma alguna. Por lo tanto, no es aconsejable conceder demasiada importancia a las invenciones, tal como lo hacen muchos tratadistas". SCHUMPETER (1912), pp. 97–98.

Universidad de Huelva 2009

empresarios"[234]. Es decir, Schumpeter consideraba que "el capital ... es [sencillamente] un fondo de poder adquisitivo"[235].

Finalmente, en cuanto a las motivaciones que tiene el empresario para realizar las innovaciones, Schumpeter admitía que pueden ser muy numerosas y variadas, y estar fundadas en determinados comportamientos psicológicos hedonistas y utilitaristas. Sin negar que existiesen tales motivaciones, niega sin embargo que sean la causa fundamental que explica el comportamiento del empresario y lo hace diferente del de los demás agentes económicos. Puede hablarse del ideal y la voluntad de crear un reino privado, la voluntad de conquista y el gozo del creador. Podría decirse que la consecución de propiedad privada es la fuerza que mueve al empresario. Pero sólo está presente en la creación del reino privado, no en las otras dos motivaciones. Por tanto, en realidad, el objetivo fundamental lo constituye la consecución de beneficio, o de una ganancia pecuniaria, en palabras de Schumpeter. Dicha ganancia, no sólo es el motivo que mueve al empresario, sino también el indicador más objetivo de su éxito relativo en el desempeño de la función empresarial[236].

c) La influencia schumpeteriana en el análisis del cambio tecnológico.

En el esquema schumpeteriano, las innovaciones y las invenciones son dos fenómenos completamente diferenciados económica y socialmente, que

[234] SCHUMPETER (1912), p. 129.

[235] SCHUMPETER (1912), p. 127.

[236] SCHUMPETER (1912), pp. 100–103.

Universidad de Huelva 2009

responden a dos lógicas completamente distintas en dos etapas del proceso de innovación y presentan ritmos de variación temporal completamente diferenciados[237]. La invención sería la primera etapa del proceso que conduce a su aplicación en el mercado (innovación) a través de las etapas de investigación, desarrollo y demostración. Entre ambos extremos se sitúa el empresario, encargado de "dar a luz en el mundo económico las invenciones, en un parto cuyo dolor para el sistema se manifestaría en las crisis y los ciclos"[238]. Sin embargo, dicho papel se limitaría a ser sólo un intermediario entre dos mundos estancos (el de la ciencia y el de la economía), que se decide a adoptar una invención cuando lo considera adecuado, sin jugar papel alguno en la génesis y desarrollo de dichas invenciones desde su estado embrionario[239].

Esta separación absoluta entre ciencia y economía tuvo dos efectos para el análisis económico del cambio técnico. En primer lugar, generó una

---

[237] SCHUMPETER (1939), pp. 85–86, llega al punto de reconocer que considera la invención y la innovación como dos actividades completamente diferentes la una de la otra, con distinta racionalidad económica, y que siguen diferentes ritmos de variación en el tiempo, aún cuando sean llevadas a cabo por la misma persona.

No obstante, debemos tener en cuenta la matización hecha por ROSENBERG (1994, p. 58). En ella aclara que inicialmente consideraba que la invención era exógena al funcionamiento del sistema económico, siendo endógenas únicamente la innovación y la imitación–difusión. Sin embargo, posteriormente en *Capitalismo. Socialismo y Democracia*, considera que ambas son endógenas y estaban por tanto sujetas al tirón gravitacional de las fuerzas económicas.

[238] "...rôle fondamental tenu par l'entrepreneur–capitaliste... Il lui reviendrait de mettre au *monde économique* l'invention et, cet accouchement, ne se ferait pas sans douleur, d'où les crises et les cycles". LE BAS (1981), p. 9.

[239] No debemos olvidar la crítica de Salter a este planteamiento tan nítido. Al hablar de la preselección que realizan las empresas que fabrican bienes de equipo y los ingenieros que fabrican productos que reducen los costes de sus clientes, afirma que: "... no hay una línea divisoria clara entre la elección económica y las restricciones técnicas. La función empresarial de elección entre técnicas alternativas no se circunscribe al hombre de negocios. Al seleccionar los métodos que se van a desarrollar detalladamente en el proceso de diseño mismo y en la elección del equipo que se va a diseñar y comercializar, los ingenieros y los fabricantes de maquinaria prevén las necesidades de los empresarios". SALTER (1960), p. 39.

Universidad de Huelva 2009

tendencia a ignorar los aspectos científicos y técnicos (las invenciones), para centrarse en el análisis de las innovaciones. Las invenciones se consideraban algo ajeno a la economía, que por tanto debía ser objeto de un estudio aparte[240].

Además, tuvo como efecto la generalización de una visión lineal de la innovación o modelo lineal de la innovación, formado por distintas etapas entre las que las relaciones se establecían en una única dirección y sentido. Las primeras etapas se desarrollan en la esfera científica (desde la educación hasta la investigación científica, los ensayos, las demostraciones y el desarrollo de una invención), mientras que la última, la innovación, tiene lugar en la esfera económica. Sólo una vez que las invenciones se han transformado en innovaciones (han sobrepasado la esfera científica y alcanzado la económica) tienen lugar las transformaciones en la economía como consecuencia de una tecnología superior. Es una característica esencial de este modelo la inexistencia de retroalimentaciones, ni entre las distintas etapas de la esfera científico–técnica, ni por supuesto de la esfera económica hacia la científica y tecnológica, que avanzaba de forma independiente respecto a la esfera económica. La única relación es que las invenciones inducían las innovaciones a través de la intervención del empresario como intermediario[241].

Por último, esta separación se transmitió tanto a las definiciones y los instrumentos de análisis del progreso técnico como a las distintas

[240] En BLAUG (1963) encontramos un ejemplo de este planteamiento.

[241] Véase SOLO y ROGERS (1972) para una descripción detallada de un modelo lineal de innovación en el que la generación de invenciones es el resultado de un conjunto de actividades completamente ajenas a los aspectos económicos.

Universidad de Huelva 2009

categorías en las que se dividía la investigación, todas ellas al margen de los aspectos económicos. Así, era común hablar de una cadena de etapas o actividades: Investigación básica→Investigación Aplicada→Resultados tecnológicos→(Prototipos, Ensayos, Experiencia y Saber Hacer)→Progreso Técnico, para llegar a la generación de invenciones o innovaciones potenciales. Posteriormente, al elegirlas un empresario (innovador) en su proceso productivo se convertirían en innovaciones y al generalizarse su uso (por los empresarios imitadores) aparecerían sus efectos transformadores de la economía. En estos términos se hablaba de la tasa de invención o tasa a la que aumenta el stock de invenciones disponibles en la economía, como concepto diferente a la tasa de innovación, que sería el ritmo de utilización efectiva de dicho stock[242].

Por el contrario, si adoptamos una visión circular o sistémica de la innovación, el esquema de corte schumpeteriano queda invalidado porque desconoce un aspecto fundamental de la cuestión: la existencia de retroalimentaciones, no sólo entre las distintas etapas del proceso estrictamente científico–tecnológico, sino también entre éstos y los diferentes factores económicos y sociales.

Volvemos de nuevo al criterio del mercado para distinguir entre ciencia y tecnología[243], como también lo hicimos para distinguir entre invención e innovación. Es por tanto el hecho de conseguir introducirse en el mercado lo que nos permitirá discriminar las innovaciones de las simples

[242] En CORRY (1966) se encuentra esta distinción con más detalle.

[243] La actividad tecnológica requiere una expectativa de recompensa monetaria del mercado para ponerse en marcha. La actividad científica tiene lugar independientemente de que exista o no dicha recompensa potencial.

Universidad de Huelva 2009

invenciones y no ninguna clasificación en etapas de un proceso lineal, ni tampoco una artificial distinción entre la esfera puramente científica, la puramente técnica y la puramente económica. Y esto, no sólo por cuanto acabamos de decir, sino además porque las invenciones son cada vez más el resultado del gasto deliberado en acciones de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D), que responden a una lógica claramente económica, ya sea ésta pública o privada. Por último, no debemos olvidar que esta distinción es simplemente de carácter general, por lo que debe ser flexible. Si pretendiésemos una distinción que permitiese una separación estricta entre invención e innovación y posteriormente difusión, estaríamos obviando de forma engañosa la existencia de retroalimentaciones (*feedback*) desde los procesos de innovación y difusión hacia el de invención[244].

1.3.2. Cambio Tecnológico, Acumulación y Crecimiento Económico: La visión de la Escuela de Cambridge.

Presentamos a continuación el análisis que del cambio tecnológico se hace en las obras de Kaldor y Robinson. Ambas constituyen lo que podemos considerar el punto de partida de un nuevo enfoque teórico de las interrelaciones existentes entre el progreso tecnológico y el crecimiento económico, por cuanto difieren de la problemática neoclásica. Aunque la discusión general de sus trabajos sobrepasa ampliamente el objetivo de la presente Tesis, en ellas se encuentra el origen de trabajos posteriores. De especial importancia resulta el rechazo que hacían de las características de autónomo y dado que la teoría neoclásica daba al cambio tecnológico.

[244] PATEL y PAVITT (1995), p. 19.

Universidad de Huelva 2009

a) La "Función de Progreso Técnico" de Kaldor.

Como respuesta a las dificultades derivadas del análisis neoclásico para describir el conjunto de posibilidades tecnológicas disponibles, Kaldor optó por un replanteamiento del problema. Aceptaba que, por un lado, el uso de una mayor cantidad de capital por trabajador está inevitablemente asociado a la introducción de técnicas más avanzadas y, por otro, que las innovaciones técnicas, generalmente, requieren más capital. Así, consideraba que el crecimiento económico podía explicarse a partir de dos fuentes, la acumulación de capital y el progreso o avance tecnológico[245].

De la preocupación de Kaldor por la acumulación del capital y por el crecimiento económico surge una nueva concepción analítica del progreso técnico. Este será entendido como la forma en que se relacionan la tasa de crecimiento del capital per cápita y de la producción per cápita. Considera que las innovaciones (nuevos conocimientos técnicos) se difunden fundamentalmente, si es que no por completo, a través de la puesta en servicio de nuevos bienes de equipo, es decir, a través de la acumulación de capital[246]. Esto implica que la tasa de cambio de la función de producción debida al cambio tecnológico será una función dependiente de la velocidad a la que se produzca la acumulación del capital. Esta tasa de progreso técnico que depende de la tasa de acumulación de capital no puede crecer

---

[245] KALDOR (1960), p. 243.

[246] "El empleo de más capital por trabajador... implica necesariamente la introducción de técnicas superiores, que exigen alguna clase de inventiva, aunque no representen necesariamente la aplicación de ideas o principios radicalmente nuevos. Por otra parte, la mayoría, aunque no todas, de las innovaciones técnicas que son capaces de elevar la productividad de la mano de obra necesitan utilizar más capital por hombre" KALDOR (1960), p. 248.

Universidad de Huelva 2009

indefinidamente, puesto que toda sociedad sólo tiene una capacidad limitada de absorción del progreso técnico en un período determinado. Y este límite lo establece su capacidad para acumular capital[247]. Esto significa rechazar la existencia de una disociación entre los conocimientos técnicos que desplazan la función de producción y la acumulación de capital, y por tanto queda rechazada también la función de producción neoclásica, construida para un conjunto dado de posibilidades tecnológicas[248].

El hecho de que el crecimiento de la producción sea más o menos que proporcional al crecimiento del capital dependerá, no del estado del conocimiento ni de la tasa de progreso en dicho conocimiento, sino de la velocidad a la que se acumula el capital con relación a la capacidad para innovar y difundir las innovaciones en el sistema económico. Existe por tanto un máximo más allá del cual sucesivos aumentos del capital per cápita no conseguirán aumentar la tasa de crecimiento de la producción. Es decir, el que el crecimiento del capital genere rendimientos crecientes o decrecientes en la producción dependerá de que la tasa de acumulación sea relativamente débil o fuerte, respectivamente[249].

Es a esta relación funcional entre tasas de crecimiento del capital y de la producción a la que Kaldor llamó "función de progreso técnico". Aceptando que, en realidad, sólo se realiza en la práctica un único punto de la función neoclásica de producción, la función de progreso técnico de

---

[247] KALDOR (1960), p. 245.

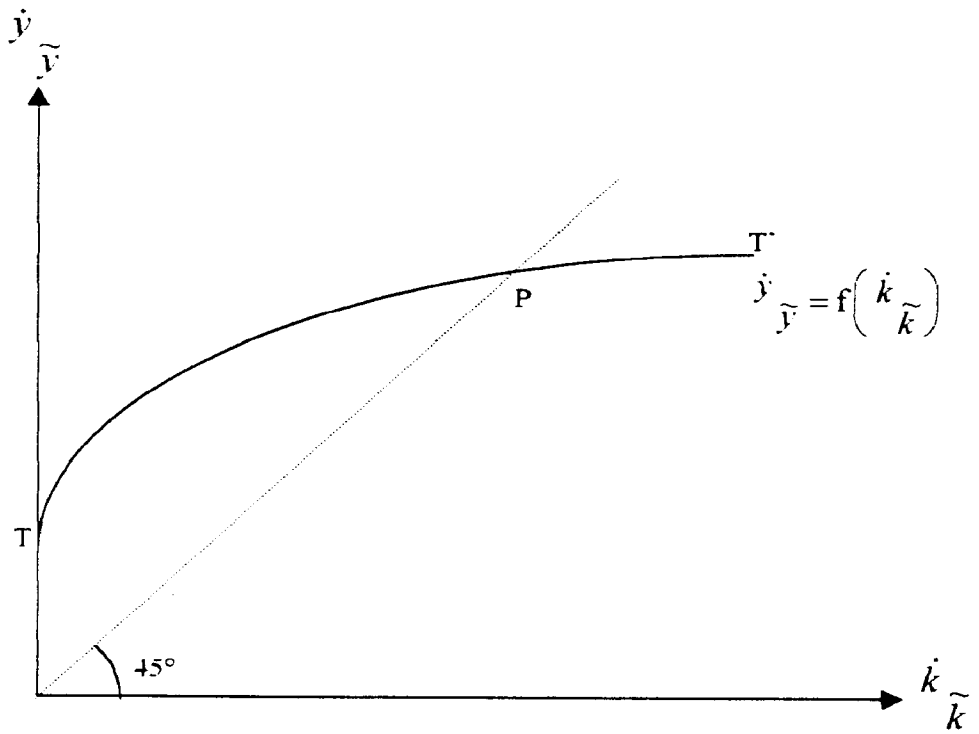
[248] "Resulta arbitrario y artificial cualquier distinción clara entre un movimiento *a lo largo* de una función de producción, dada una cierta situación de conocimientos, y un desplazamiento de la función de producción causado por un cambio en la situación de conocimientos". KALDOR (1960), p. 248.

[249] KALDOR (1960), p. 249

Universidad de Huelva 2009

Kaldor sería la concatenación de todos esos puntos, siguiendo la secuencia que han experimentado (o experimentarían) en el tiempo[250]. Se trata de una función que refleja, por tanto, la inventiva o caudal con que las nuevas ideas afluyen a la economía y el dinamismo técnico o prontitud con la que los empresarios adoptan los nuevos métodos de producción.

FIGURA 1.5. LA FUNCIÓN DE PROGRESO TÉCNICO DE KALDOR



Fuente: KALDOR (1960), p. 250, Figura 13.1.

En la Figura 1.5 recoge esta relación funcional entre la tasa de crecimiento de la producción per cápita o productividad ($\dot{y}_{\tilde{y}}$) y la del capital per cápita ($\dot{k}_{\tilde{k}}$), expresada genéricamente como $\dot{y}_{\tilde{y}} = f\left(\dot{k}_{\tilde{k}}\right)$ y que cumple las propiedades $f' > 0$ y $f'' < 0$. La segunda propiedad implica

[250] HEERTJE (1973), p. 168.

Universidad de Huelva 2009

la convexidad de la curva y la existencia de un máximo nivel de la tasa de crecimiento de la producción, alcanzado para un determinado valor de la tasa de crecimiento del capital. Más allá de esta tasa de crecimiento no se conseguiría incrementar la tasa de crecimiento de la producción.

En este contexto, la tecnología utilizada determinaría la forma de la relación funcional f, existente entre las tasas de crecimiento del capital y de la producción per cápita y representada por la curva TT'. Su altura depende en relación directa del caudal de ideas y del dinamismo técnico. Un cambio en la tecnología generaría un desplazamiento de la función, mientras que una mayor acumulación de capital conllevaría un movimiento a lo largo de ella.

De todos los puntos de la curva TT', para Kaldor tiene especial importancia el punto P, en el que ambas tasas de crecimiento coinciden. En él nos encontramos ante un progreso técnico neutro en sentido de Harrod, puesto que permanecen constantes las partes relativas de cada factor en los costes, la tasa de beneficio y la relación capital / producto. Pero esta neutralidad no depende de la naturaleza técnica de los inventos, sino de la relación entre el flujo de ideas nuevas y la tasa de acumulación de capital, que es lo que hace que varíe la relación capital / producto[251].

Piensa además que el sistema tiende hacia esta situación de equilibrio. Si la tasa de acumulación es menor que el flujo de ideas, disminuye la relación entre capital y producto (el producto crece más rápidamente que el capital) y se incrementarán los beneficios, lo que constituiría un incentivo para la inversión (acumulación de capital), que seguiría produciéndose

[251] KALDOR (1960), p. 250.

Universidad de Huelva 2009

hasta que la tasa de acumulación igualase al flujo de invenciones. Si la acumulación fuese menor que el flujo de invenciones, ocurrirían los procesos justo contrarios[252].

Como vemos, en el análisis de Kaldor no encontramos una relación precisa y sistematizada entre la participación relativa de los factores en los costes de producción (o cualquier elemento de la distribución) y el progreso técnico. La neutralidad (representada por el punto P) se alcanza por la dinámica del sistema, en el que la inversión, y por tanto la tasa de acumulación del capital, es un dato que viene determinado por la búsqueda del beneficio. Los empresarios manifiestan de esta forma sus *animal spirits*. Sin embargo, "dado que las oleadas de inversión son con frecuencia la ocasión para la actividad innovadora, es posible que la función de progreso técnico se desplace sistemáticamente con la razón capital–mano de obra. Esto priva de toda interpretación significativa la función de Kaldor[253].

b) La visión de Joan Robinson.

Para Robinson el progreso técnico era una cuestión de la máxima importancia, hasta el punto que llegó a afirmar que "el éxito del capitalismo está ligado al progreso técnico"[254]. Pero su concepción del cambio

[252] KALDOR (1960), pp. 250–251. Véase más adelante, las pp. 263–268 para una exposición más detallada del mecanismo.

[253] BLAUG (1963), p. 100.

[254] ROBINSON (1960), p. 81.

Universidad de Huelva 2009

tecnológico la encontramos, de forma semejante a como ocurría en el caso de Kaldor, en sus estudios sobre la acumulación del capital[255].

Su análisis se realiza en una economía en la que es posible trazar una separación clara entre dos sectores productivos, uno de bienes de inversión o bienes de capital y el otro de bienes de consumo. Al igual que Kaldor, se centraba en el progreso técnico incorporado en los bienes de capital, aunque reconocía que también puede tomar la forma de mejoras en la eficiencia de la mano de obra y en la gestión, si bien estos casos eran mucho menos comunes que el primero[256].

Consideraba que el cambio técnico se materializa en un incremento de la producción *per cápita*, es decir, de la productividad. Y la producción *per cápita* en el sector de bienes de inversión la entendía en términos de las unidades de capacidad productiva que generaba para el sector de bienes de consumo[257]. Así, un cambio técnico incrementa la productividad del sector de bienes de inversión (aumenta la capacidad productiva del sector de bienes de consumo) y, en la medida en que esta innovación se utilice en el sector de bienes de consumo, también incrementará la productividad de este último[258].

---

[255] ROBINSON (1956), pp. 84–111 y 169–185.

[256] ROBINSON (1960), p. 82.

[257] *Ibidem*, pp. 82–83. En el caso de que el sector de inversión tuviese varios subsectores, en términos de la capacidad productiva generada para el sector inmediatamente inferior en el proceso productivo.

[258] "Un número dado de trabajadores del sector de inversión produce una planta... de capacidad productiva creciente, y un número dado de trabajadores en el sector de consumo la utilizan para rendir una producción total cada vez mayor". ROBINSON (1956), p. 99.

Universidad de Huelva 2009

En cuanto a los tipos de innovación, admitía tres posibilidades. En primer lugar, serían neutras si incrementaban el producto *per cápita* en ambos sectores por igual. De otro lado, los descubrimientos o innovaciones podían presentar dos tipos de sesgos, *capitalista* o consumidor de capital y *no capitalista* o ahorrador de capital. Una innovación sería capitalista si incrementa la productividad del sector de inversión menos de lo que lo hace en el sector de bienes de consumo. Una innovación no capitalista ocurriría si la productividad del sector de inversión aumentase más que la del de bienes de consumo[259].

Pero en cada momento habrá diversas técnicas alternativas que diferirían entre sí en la relación entre capital y trabajo empleado. A esta relación es a lo que Robinson llamó "grado de mecanización", y que podemos entender como una medida de la intensidad capitalista del proceso productivo asociado a cada técnica[260]. Cuanto mayor sea el grado de

---

[259] ROBINSON (1960), p. 83.

El sesgo capitalista exigiría un mayor volumen de trabajo en el sector de inversión para que la generación de capacidad productiva creciese al mismo ritmo que la producción del sector de bienes de consumo, es decir, incrementa el capital en términos de tiempo de trabajo (necesario en el sector de inversión) por unidad de producto. Esto significa que un empresario de dicho sector que pretendiese reemplazar el equipo que hubiese agotado su vida útil tendría que hacer una inversión de mayor cuantía que la que tenía, pero necesitaría menos cantidad de trabajo en el sector de consumo para obtener su producción. El efecto es que se incrementa la relación entre capital y producto y se produce una abundancia de trabajadores en el mercado de trabajo del sector de consumo.

Si el sesgo fuese no capitalista, por razones análogas se reduciría el capital en términos de tiempo de trabajo (necesario en el sector de inversión) por unidad de producto. Un empresario que tuviese que renovar su capital podría incrementar su capacidad productiva con la misma inversión, y lo haría. Disminuiría la relación entre capital y producto y se produciría una escasez en el mercado de trabajo del sector de consumo.

Véase ROBINSON (1956), pp. 174–181 para una exposición detallada del mecanismo.

[260] Robinson consideraba el capital como el trabajo total necesario en el sector de bienes de inversión para producir una determinada capacidad productiva para el sector de bienes de consumo. Existe por tanto una coincidencia de este concepto de "grado de mecanización" y el

Universidad de Huelva 2009

mecanización mayor será la inversión necesaria para obtener una determinada capacidad productiva en el sector de bienes de consumo y menor la cantidad de trabajo necesaria para obtenerla efectivamente. De entre todas las técnicas (grados de mecanización) alternativas, el empresario elegirá aquella que le proporcione el mayor beneficio posible por su inversión y, al mismo tiempo le asegure que no va a perder capital de dicha inversión. Puesto que un mayor grado de mecanización requiere una mayor inversión en capital y un menor gasto en salarios por unidad de capacidad productiva, el empresario optará por un mayor grado de mecanización con salarios altos y viceversa[261].

El sesgo surge cuando se introducen cambios técnicos en el sector de bienes de inversión que requieren más o menos capital por unidad de producto para todos los grados de mecanización existentes.En este contexto, se produce un progreso técnico sesgado que ahorra capital (sesgo no capitalista) cuando se han materializado en el sector de bienes de equipo una serie de descubrimientos que modifican el abanico de técnicas disponibles[262] de forma que es posible reducir, para cada grado de mecanización, el capital en términos de tiempo de trabajo por unidad de capacidad productiva. Aunque Robinson considera explícitamente la posibilidad de que exista sesgo en el progreso técnico[263], pronto aparece la

---

de "alargamiento del proceso de producción", desarrollado por Wicksell.

[261] ROBINSON (1956), pp. 112–113.

[262] Aunque inicialmente considera un progreso técnico sesgado con sólo una técnica disponible, que experimenta mejoras con el transcurso del tiempo, ROBINSON, 1956, pp. 108–110, *posteriormente considera una más amplia de técnicas, Ibíd. pp. 174–182.*

[263] Véase ROBINSON (1956), pp. 108–110 y 174–182 y ROBINSON (1962), pp. 104–106, para una consideración explícita de lo que ella llamaba progreso técnico tendencioso.

Universidad de Huelva 2009

idea de neutralidad del cambio técnico. Cada tipo de sesgo creado en el sector de bienes de producción genera la necesidad de una compensación en el sector de bienes de consumo[264]. Esta compensación queda resumida en el esquema general[265] del Cuadro 1.1, que muestra el encadenamiento de las innovaciones.

CUADRO 1.1. COMPENSACIÓN DEL SESGO EN LAS INNOVACIONES.

INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE BIENES DE EQUIPO	EVOLUCIÓN DEL MERCADO DE TRABAJO	EVOLUCIÓN DE LOS SALARIOS	INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE BIENES DE CONSUMO
Sesgo capitalista ⇨	Exceso de Trabajadores ⇨	↓ w ⇨	Sesgo no capitalista
Sesgo no capitalista ⇨	Escasez de Trabajadores ⇨	↑ w ⇨	Sesgo capitalista

Fuente: LE BAS (1981), p. 96.

La lectura del cuadro debe hacerse de izquierda a derecha, dado el papel determinante que el sector de bienes de equipo juega en el modelo de Robinson. La introducción de una innovación con sesgo capitalista en el sector de bienes de equipo incrementa la cantidad de capital (expresada en tiempo de trabajo) y reducirá la cantidad de trabajo (en el sector de consumo) por unidad producida, para todos los grados de mecanización. Esto generará una abundancia relativa de trabajadores en el mercado de trabajo que presionará a la baja los salarios. Ante salarios más bajos, en el sector de bienes de consumo sería preferible adoptar técnicas con un menor grado de mecanización. Y eso es lo que harán a medida que tengan que sustituir su equipo antiguo[266], absorbiendo de esta forma el excedente de

[264] ROBINSON (1956) p. 180. No obstante, reconocía que la compensación no es inmediata, sino que pueden alternarse etapas de sesgos contrapuestos. *Ibidem*, p. 181.

[265] El esquema es además muy simplificado, pues no considera los efectos inflacionistas de las subidas de salarios ni tampoco los efectos de la estructura del mercado de trabajo y la rigidez de los salarios a la baja.

[266] Inicialmente propone un ritmo de sustitución del equipo (y por ende de difusión de las innovaciones) a periodos regulares (concretamente hablaba de 10 años) en un proceso que llamó

Universidad de Huelva 2009

trabajadores. La introducción de una innovación no capitalista en el sector de bienes de equipo provoca justo las alteraciones inversas e induce a reemplazar los bienes de capital por técnicas con un mayor grado de mecanización, que incremente la productividad del trabajo en el sector de bienes de consumo.

Como vemos, las innovaciones en el sector de bienes de consumo son inducidas por la evolución del mercado de trabajo como respuesta a las innovaciones introducidas en el sector de bienes de equipo. Se trata por tanto de una forma de inducción por la escasez. Sin embargo la adopción de una innovación sesgada en el sector de bienes de equipo es puramente autónoma, una decisión exógena por tanto al modelo[267].

De forma general, podemos decir que todas las innovaciones son endógenas excepto la primera, por lo que todos los sesgos son inducidos excepto el primero. Pero precisamente es esta primera innovación la más importante puesto que es la que genera toda la posterior secuencia de inducciones. Su comprensión permitiría también entender las otras innovaciones, que de hecho surgen como respuestas a la primera de ellas para permitir una acumulación más o menos armoniosa[268]. En cualquier

---

de "saltar al burro", ROBINSON (1956), pp. 96–97. No obstante, más adelante reconoce que el periodo de amortización del equipo de capital (vida productiva anticipada) tiende a reducirse con expectativas de que exista progreso técnico. ROBINSON (1956), p. 180.

[267] En otro momento llega a afirmar que "fundamentamos nuestro razonamiento en los cambios técnicos puramente autónomos. La tendencia [el sesgo] es algo que surge por razones puramente técnicas y no hay nada que hacer al respecto". ROBINSON (1962), p. 115.

[268] En un punto de vista muy próximo al de Kaldor, llegó a afirmar: "No hay razón paran esperar que el progreso técnico sea por completo neutral en cualquier economía, pero tampoco hay razón para esperar una tendencia sistemática en un sentido o en otro... Cada tendencia tiende a ser compensada por la otra...

Por consiguiente, parece poco probable que exista una tendencia permanente en el sentido del

Universidad de Huelva 2009

caso, el progreso técnico sería neutro en términos globales. Es lo que llamó "neutralidad aproximada" o "neutralidad imperfecta" y que consideraba que era lo que cabía esperar en el largo plazo[269].

1.3.3. El enfoque de Kennedy–Weizsacker: la Frontera de Posibilidades de Innovación y la estructura de costes como variables explicativas del progreso técnico.

En su artículo fundamental, Kennedy[270] señala dos formas de inducción por las cuales puede introducirse un sesgo en las innovaciones. La primera forma tendría lugar cuando un cambio en los precios relativos de los factores de la producción modificase la estructura de costes. Arguye que es este cambio en la estructura de costes el que induce al ahorro del factor que se ha encarecido y por tanto ha ganado peso relativo el que induce al ahorro de dicho factor. No obstante, debemos concluir que la causa última sería el cambio en los precios relativos. Estamos ante una inducción semejante a las explicadas por la teoría neoclásica bajo el concepto de sustitución.

Sin embargo, existe un segundo tipo de inducción que tendrá lugar, independientemente de los precios relativos de los factores. En realidad

progreso técnico, pero, al mismo tiempo, es posible que deba persistir una tendencia, ya sea en un sentido o en otro, durante un periodo considerable; posiblemente sea más probable que las fases de una tendencia alternen con las de la otra". ROBINSON (1956), pp. 180–181.

[269] El término ingles es "near–enough neutrality". Tanto el término como la idea expresada aparecen en ROBINSON (1962), p. 101. Dicha neutralidad sólo puede alcanzarse en la medida que se cumpla la hipótesis que hemos señalado más arriba que supone que el sesgo surge como resultado de cuestiones puramente técnicas y el progreso técnico es puramente autónomo.

[270] Nos referimos a KENNEDY (1964), pero pueden verse también KENNEDY (1962a y 1962b) en los que esboza estas ideas.

Universidad de Huelva 2009

proviene de la estructura de costes de la empresa. Sin que nada cambie, toda empresa tendrá un incentivo para adoptar nuevas formas de producción que le permitan ahorrar el factor que utiliza más intensamente. El incentivo será mayor cuanto mayor sea la intensidad relativa con la que utiliza dicho factor[271].

a) Presentación del modelo.

El enfoque parte de una función neoclásica del tipo $Y = \mathrm{F}[A(t)K, B(t)L]$ en la que $A(t)$ y $B(t)$ representan el efecto (aumentador) del cambio técnico sobre los factores de la producción. El productor se enfrenta a esta función de producción y al cambio técnico con el objetivo de maximizar la tasa de reducción de sus costes de producción. Esta reducción de costes puede realizarse a través de uno solo de los factores o a través de ambos[272]. Sin embargo, en este último caso existe una limitación derivada del carácter sustitutivo del cambio tecnológico que permite reducir costes a través de un factor y el que lo permite a través del otro. Es decir, existe una relación de intercambio entre las posibilidades de reducción de costes a través de cada uno de los factores.

---

[271] En esta misma línea se había manifestado previamente BLOOM (1951, en especial la nota 13 en la página 607) quien destacó la importancia que la intensidad en factor trabajo junto con las presiones sindicales pueden estimular determinadas innovaciones ahorradoras de dicho factor. En este sentido, MOKYR (1990, p. 209) señala que "los inventores deseaban sustituir la mano de obra para reducir el poder de los sindicatos, o bien porque estimaban que los trabajadores no eran dignos de confianza".

[272] Como es habitual en los modelos neoclásicos, por simplicidad se supone la existencia de sólo dos factores de la producción, trabajo y capital.

Universidad de Huelva 2009

A esta relación se la llama Frontera de Posibilidades de Innovación[273] (FPI) y es análoga (el equivalente en el ámbito del cambio tecnológico) a la Curva de Transformación o Frontera Posibilidades de Producción. La FPI expresa la relación entre las cantidades ahorradas, de cada uno de los factores de la producción por unidad de producto, gracias al progreso técnico. Dicha Frontera caracteriza por tanto aquellas innovaciones entre las que el empresario puede elegir para minimizar el coste de producción.

Para expresar analíticamente la FPI, utiliza el caso más sencillo en el que sólo hay dos factores de la producción, trabajo y capital. Si α_{L1} representa la cantidad de factor trabajo necesaria por unidad de output final en el período t_1 y α_{L2} la correspondiente en el momento t_2, el ahorro por unidad de output será la diferencia $\alpha_{L2} - \alpha_{L1}$, que puede ser expresado como[274] $\dot{\alpha}_L = {}^{d\alpha_L}{}_{dt}$ en términos diferenciales. Análogamente, el ahorro de capital por unidad de producto puede expresarse como $\dot{\alpha}_K = {}^{d\alpha_K}{}_{dt}$. La ecuación de la FPI puede expresarse como la relación funcional $\hat{\alpha}_L = f(\hat{\alpha}_K)$ entre las tasas $\hat{\alpha}_L = {}^{\dot{\alpha}_L}{}_{\alpha_L}$ y $\alpha_K = {}^{\dot{\alpha}_K}{}_{\alpha_K}$ de reducción de costes (cantidad de factor por unidad de output final) que es posible obtener simultáneamente.

---

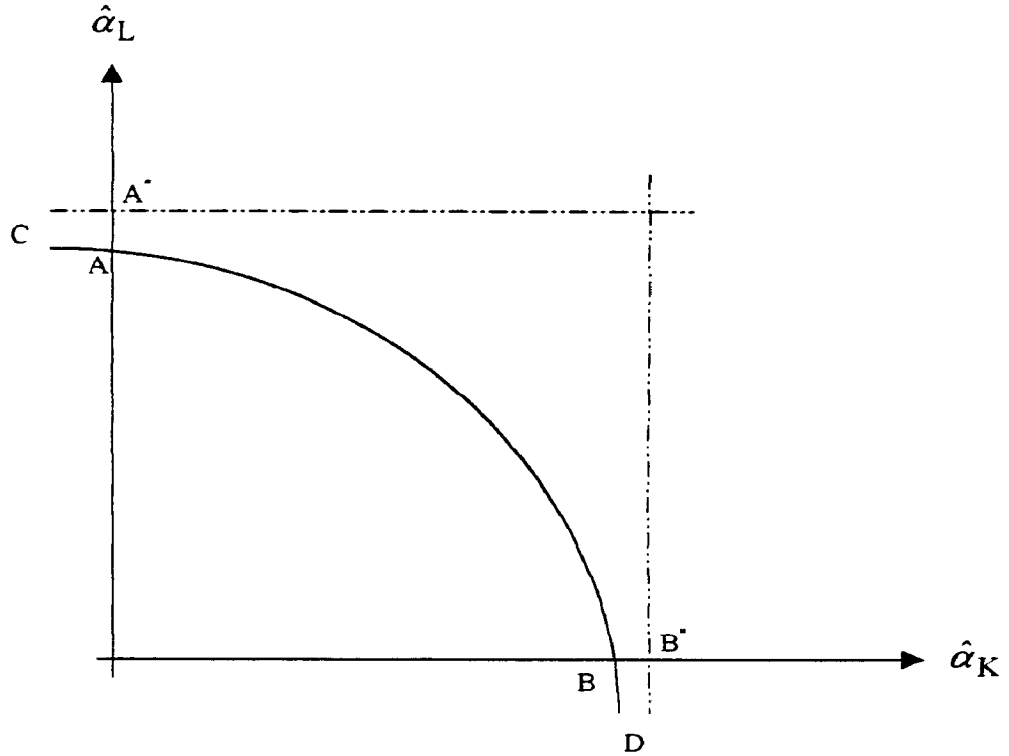
[273] Concepto inicialmente desarrollado por KENNEDY (1964) y posteriormente aceptado por SAMUELSON (1965), von WEIZSACKER (1966) y DRANDAKIS y PHELPS (1966) y a partir de aquí quedó incorporado al lenguaje de la ciencia económica.

[274] Nótese que por comodidad en la escritura hemos tomado valor absoluto para poder eliminar el signo negativo que debe preceder a la expresión del ahorro.

Universidad de Huelva 2009

Las propiedades de esta curva se obtienen a partir de las hipótesis del modelo. En primer lugar, $f' < 0$ puesto que el aumento en la tasa de ahorro de un factor sólo es posible si se reduce la tasa de ahorro del otro factor. Por otro lado, $f'' < 0$ garantiza que la FPI es convexa, y por tanto la solución al problema de la maximización de la reducción de costes de producción será única[275]. La Figura 1.6 representa una FPI.

FIGURA ¡Error! Vínculo no válido.. LA FRONTERA DE POSIBILIDADES DE INNOVACIÓN.



Cualquier innovación que se sitúe en el tramo AB de la FPI será siempre preferible a la situación anterior, puesto que se ahorran ambos

[275] Nótese la analogía de la FPI con la Frontera de Posibilidades de Producción o Curva de Transformación, con la diferencia de que ésta se circunscribe necesariamente al primer cuadrante (la producción no puede ser negativa), mientras que no puede garantizarse dicha restricción para la FPI, que puede situarse además en aquellos cuadrantes en los que sólo una de las tasas de ahorro es negativa.

Universidad de Huelva 2009

factores. Esta afirmación no puede hacerse para las innovaciones situadas fuera del primer cuadrante. Así, la innovación que representa el punto C supone un gran ahorro de trabajo por unidad de producto pero a cambio requiere una mayor cantidad de capital, respecto a la situación inicial. Esta innovación sólo sería eficiente si la estructura inicial de costes tuviese un sesgo tal que la proporción relativa del trabajo fuese muy elevada mientras que la del capital fuese muy reducida. En el punto D nos encontramos con el caso simétrico.

De esta forma se encuentran resumidos en un mismo concepto, la FPI, los dos conceptos objeto de discusión desde el análisis neoclásico. El progreso técnico en sentido neoclásico vendría representado por el tramo AB, mientras que los demás puntos representarían la sustitución de factores. La eficiencia de estas últimas innovaciones vendrá determinada por los precios relativos de los factores o, en el enfoque de Kennedy, la estructura de los costes de producción. Desde la perspectiva de la FPI, la distinción neoclásica entre innovación y sustitución de factores resulta por completo improcedente.

Este modelo está sujeto a diversas objeciones metodológicas. Una primera puede ser la pertinencia de limitar la FPI, en la medida en que existen unos límites a las posibilidades de economizar factores de la producción que no es posible sobrepasar[276]. Formalmente esto equivale a establecer la existencia de unas asíntotas a la FPI que pasan por los puntos A^* y B^* para el capital y trabajo, respectivamente. Sin embargo, la

[276] DRANDAKIS y PHELPS (1966), p. 830. No obstante, esta precisión no añade nada nuevo al análisis de la existencia de un sesgo inducido en el progreso técnico.

Universidad de Huelva 2009

debilidad más importante de este análisis es la misma que manifiesta la función de producción neoclásica. El carácter continuo de la FPI expresa la existencia de una gama infinita de innovaciones entre las que puede elegir el empresario. Esta continuidad se deriva de la aceptación del principio neoclásico de sustituibilidad perfecta de los factores, que permite la consideración de un stock ilimitado de técnicas diferentes y por tanto una gama infinita de novedades tecnológicas. Sin embargo, la elección de la empresa no se circunscribe a un progreso técnico que ahorra cantidades infinitesimales de capital y de trabajo[277].

El otro gran debate neoclásico sobre el progreso técnico lo constituye la neutralidad o no del mismo. Para Kennedy la FPI es tecnológicamente neutra, puesto que la gama de innovaciones que representa incluye tanto aquellas ahorradoras de factor trabajo como las que ahorran capital[278]. Se trata por tanto de una neutralidad potencial, que precede la neutralidad o el sesgo real. La FPI representa unas condiciones puramente tecnológicas, independientes de los aspectos económicos. Estos últimos sólo aparecen cuando se toma en consideración la estructura de costes para elegir una de las innovaciones representadas por la FPI. Así nos encontramos con una neutralidad tecnológica y otra económica. La primera es una neutralidad potencial, determinada por variables no económicas, que precede a la neutralidad real. Esta neutralidad (o sesgo) real viene determinada por la interacción entre la neutralidad potencial y las variables económicas, en este caso la estructura de costes.

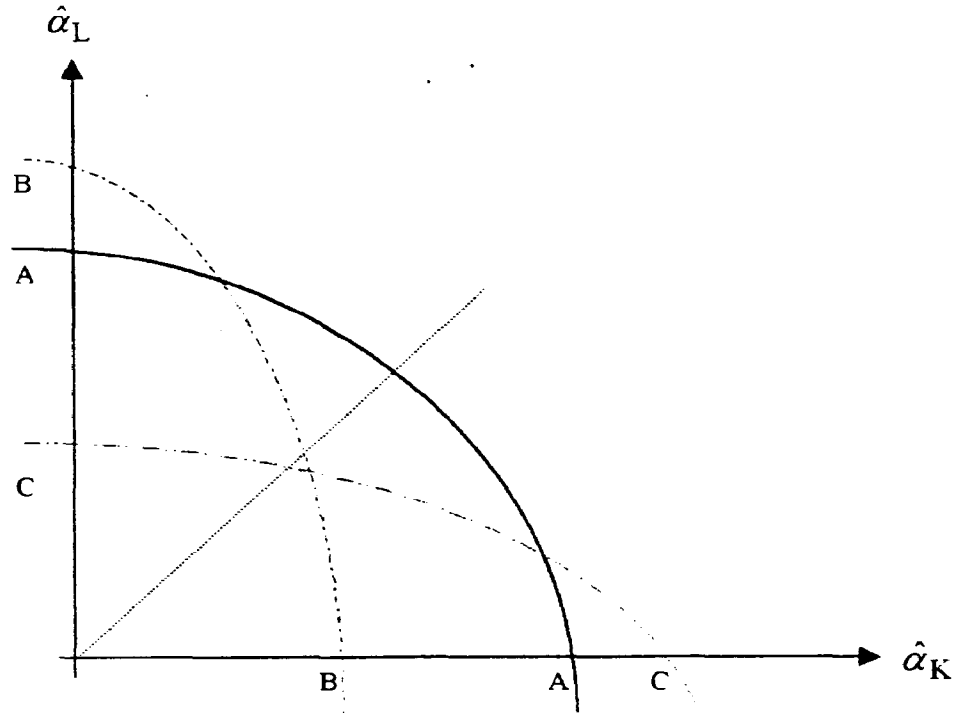
---

[277] ATKINSON y STIGLITZ (1969), p. 575.

[278] Es lo que LE BAS (1981), p. 87, ha llamado traducción de la neutralidad tecnológica por la FPI.

Universidad de Huelva 2009

FIGURA 1.7. NEUTRALIDAD Y SESGO TECNOLÓGICO EN LA FPI



La neutralidad de la FPI implica geométricamente la simetría respecto a la bisectriz del primer cuadrante en el caso de neutralidad, mientras que en el caso de existir un sesgo (tecnológico) la representación de la FPI estará sesgada respecto de la bisectriz hacia el eje que representa el factor que se ahorra. Esto viene representado en la Figura 1.7, en la que la FPI señalada con la letra A representa una tecnología neutra, la B una tecnología ahorradora de factor trabajo y la C una tecnología ahorradora de capital[279].

[279] Nótese que en todos los casos estamos hablando de neutralidad o sesgo potencial, a partir de las características tecnológicas representadas por cada FPI. Sin embargo, nada indican respecto a la neutralidad o el sesgo real. Un sesgo potencial en una dirección no es incompatible, en principio, con la neutralidad real ni con el sesgo real en la dirección opuesta. Además, en todos

Universidad de Huelva 2009

Este modelo se apoya en una serie de supuestos simplificadores que es preciso señalar. Se trata de un cambio técnico de tipo no incorporado, en un contexto en que las innovaciones afectan instantáneamente a la producción. El proceso de difusión no necesita por tanto ser estudiado ni explicado, es instantáneo. Además, no existe coste en factores asociado al hecho de elegir una determinada innovación que reemplace a la tecnología existente. En estas circunstancias, la FPI debe considerarse más bien como la representación del conjunto de posibilidades de innovación desarrolladas. Una especie de "recetario" del que los usuarios eligen aquella combinación que maximiza su función objetivo. Este planteamiento es un tanto "heroico" en la medida en que considera una capacidad de información y conocimiento sobre el conjunto de innovaciones posibles por parte de sus usuarios potenciales que difícilmente puede alcanzarse. Por otro lado, no indica nada acerca de los efectos que sobre la neutralidad o el sesgo tecnológico (posición y forma de la FPI) tiene la diferencia en los costes relativos de desarrollar las innovaciones que permiten ahorrar uno u otro factor de la producción[280].

b) El equilibrio del modelo.

Siguiendo el esquema de Kennedy–Weizsacker, supondremos una economía en la que el progreso técnico sólo tiene lugar en el sector de

los casos se ahorran ambos factores, aunque en distinta proporción.

[280] STONEMAN (1983), p. 54.

La traducción literal como "libro de anteproyectos" carece de sentido. Tampoco nos parece adecuada la traducción como "vademécum" puesto que contiene algo más que una relación de nociones básicas. Por ello utilizamos la traducción de "book of blueprints" como "recetario", aunque resulta un tanto forzada.

Universidad de Huelva 2009

bienes de consumo[281], el tipo de interés es constante y existe competencia perfecta. Sólo hay dos factores de la producción, el trabajo que se considera homogéneo y el capital, medido en unidades físicas. Las relaciones técnicas entre los factores se resumen en una función de producción de Cobb–Douglas[282]. El coste en trabajo y en capital por unidad de output se designan por M y C, respectivamente. La estructura de costes queda así determinada, de forma que la parte relativa del trabajo en el coste por unidad de producto viene expresada por $\mu = M_{(M+C)}$ y la del capital por $\gamma = C_{(M+C)}$[283]. Así, γ y μ son, respectivamente la parte relativa del capital y del trabajo en el coste total y también en la producción total[284].

Para resolver el problema de la elección de la innovación óptima, como ya hemos indicado, el empresario buscará la innovación técnica que reduzca su coste total por unidad de producto en la mayor proporción,

---

[281] La introducción de innovaciones en el sector de bienes de capital no cambia ningún elemento sustancial en cuanto a los fundamentos de las variables inductoras en cualquiera de las dos formas consideradas por Kennedy. Sin embargo, en cuanto se refiere a la neutralidad del progreso técnico debe tenerse en cuenta algunas consideraciones para que se cumpla el criterio de Kennedy. Así, una innovación en el sector de bienes de capital que reduzca el coste de la maquinaria tiene necesariamente un efecto ahorrador de capital para el sector de bienes de consumo. Para que el progreso técnico (global) sea neutro, las innovaciones realizadas en el sector de bienes de consumo deberán incrementar el uso de capital. LE BAS (1981), p. 84 y nota 1 en p. 84.

[282] Aunque de hecho utiliza dicha función ante la necesidad de establecer una relación entre las cantidades utilizadas de trabajo y de capital, en ningún momento justifica su introducción en el curso de la demostración. Como veremos más adelante, la pretensión de sustituir la función neoclásica de producción por la FPI constituye uno de los elementos que fueron fuertemente criticados por Ahmad.

[283] Obviamente, $\gamma + \mu = 1$.

[284] Existe por tanto equivalencia entre el coste total y la renta global y, por tanto, entre la participación de un factor en el coste total y su participación en la renta nacional. Además, Kennedy considera una situación en la que no existe beneficio puro ni cuasi–rentas. A pesar de inspirarse en una visión postkeynesiana, se acerca bastante al modelo de Marshall.

Universidad de Huelva 2009

habida cuenta de la constancia de los precios de los factores. Es decir, deberá maximizar la reducción de costes por unidades producidas, sujeto a la restricción que impone la FPI. Analíticamente vendría expresado por:

$$\begin{aligned} &\text{Máx.}\, r = \mu\hat{\alpha}_L + \gamma\hat{\alpha}_K \\ &\text{s.a.}\, \hat{\alpha}_L = f(\hat{\alpha}_K) \end{aligned}$$

A través del método de Lagrange, tendremos que maximizar la función:

$$F = \mu\hat{\alpha}_L + \gamma\hat{\alpha}_K - \lambda[\hat{\alpha}_L - f(\hat{\alpha}_K)]$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial F}{\partial \hat{\alpha}_L} = \mu - \lambda = 0 \\ &\frac{\partial F}{\partial \hat{\alpha}_K} = \gamma + f'(\hat{\alpha}_K) = 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \lambda = \mu = -\frac{\gamma}{f'(\hat{\alpha}_K)} \Rightarrow \boxed{f'(\hat{\alpha}_K) = \frac{d\hat{\alpha}_L}{d\hat{\alpha}_K} = -\frac{\gamma}{\mu}}$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = -[\hat{\alpha}_L - f(\hat{\alpha}_K)] = 0$$

Y la condición de segundo orden es:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \hat{\alpha}_K{}^2} = \lambda f''(\hat{\alpha}_K) < 0$$

Como puede comprobarse, de las condiciones de primer orden para $\hat{\alpha}_L$ y $\hat{\alpha}_K$ se obtiene la solución al problema de la maximización: la pendiente de la FPI debe igualar el cociente de la participación relativa en los costes de producción del trabajo y el capital. De la condición de segundo orden, puesto que el multiplicador de Lagrange es positivo, se

Universidad de Huelva 2009

deriva que $f'(\hat{\alpha}_K) < 0$, lo que confirma una de las hipótesis sobre las que estaba construida la FPI.

Para representar gráficamente el equilibrio, resulta más operativo rescribir la función objetivo como $\hat{\alpha}_L = \frac{r}{\mu} - \frac{\gamma}{\mu}\hat{\alpha}_K$ y así poder representarla sobre el mismo sistema de ejes que la FPI. La función objetivo vendrá representada por una familia de rectas, una y sólo una de las cuales será tangente a la FPI. Será precisamente aquella para la que se cumpla la condición extraída por el método de Lagrange y que geométricamente indica que deben coincidir las pendientes, $f'(\hat{\alpha}_K)$ de la FPI y $-\frac{\gamma}{\mu}$ de la función objetivo (maximización de la reducción de costes), para que exista un máximo.

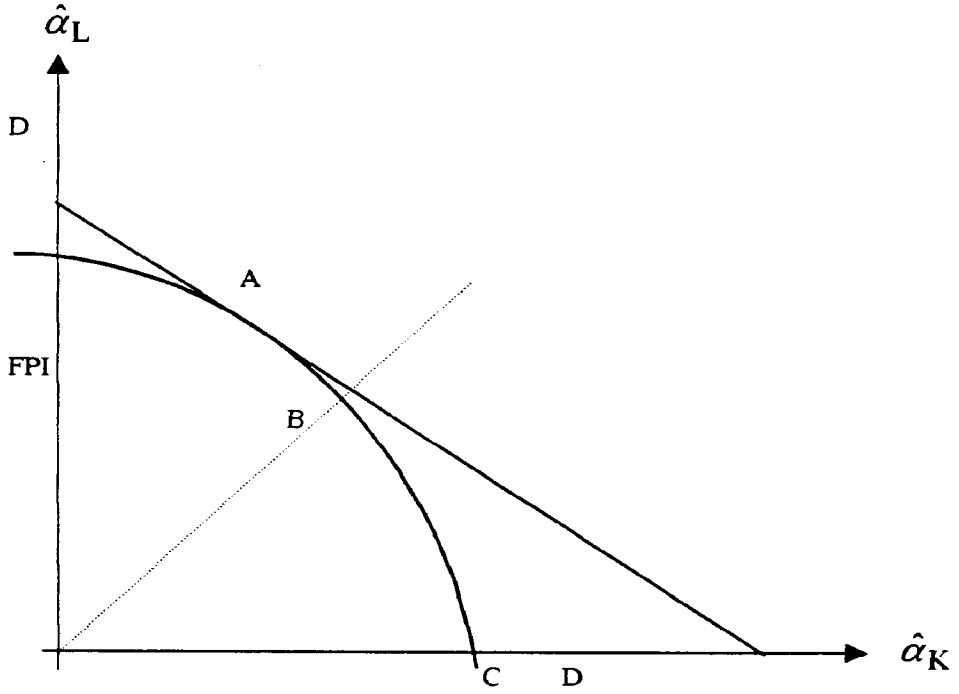
La Figura 1.8 representa el equilibrio con una FPI neutra y una estructura de costes en la que predomina el trabajo sobre el capital. La innovación óptima es la que representa el punto A, tangencia entre la FPI y la recta objetivo de reducción de costes D. Se trata de una innovación ahorradora de factor trabajo, puesto que se sitúa por encima de la bisectriz del primer cuadrante.

El sentido económico de todo este análisis matemático nos muestra la relación existente entre la estructura de costes y el ahorro relativo en cada uno de los factores. Así, ante una estructura de costes intensiva en trabajo ($\mu > \gamma$) la innovación óptima ahorrará una mayor proporción de factor trabajo que de capital ($\hat{\alpha}_L > \hat{\alpha}_K$). Esta innovación modificará la estructura de costes, haciéndola menos intensiva en trabajo o, lo que es lo mismo, más

Universidad de Huelva 2009

intensiva en capital. El cambio modificará también la distribución funcional de la renta, ganando peso el capital y perdiéndolo el trabajo. El mecanismo inductor es, por tanto, la participación relativa de los factores en los costes y no sus precios relativos.

FIGURA 1.8. DETERMINACIÓN DE LA INNOVACIÓN ÓPTIMA.



En el esquema de Kennedy, el efecto del cambio tecnológico tiende a igualar la distribución funcional de la renta (participación relativa de los factores tanto en los costes como en la renta nacional) partiendo de una distribución inicial sesgada a favor de uno de los factores de la producción. El mecanismo igualador está constituido por una serie de innovaciones en cascada que van laminando las diferencias en la distribución que reflejan diferencias en la participación relativa en la estructura de costes. Estas

Universidad de Huelva 2009

innovaciones se detienen cuando las diferencias han desaparecido y las proporciones de todos los factores en la estructura de costes coinciden.

En este punto podemos desarrollar el funcionamiento de las innovaciones del primer tipo de los considerados por Kennedy. Partiendo de un equilibrio en la estructura de costes, consideremos que se incrementa el precio de un factor, por ejemplo el salario, cambiando así los precios relativos de los factores. Con estos nuevos precios relativos aumentaría la parte relativa del trabajo en los costes medios, disminuyendo la del capital[285]. El efecto de este cambio sería la aparición de un desequilibrio en la estructura de costes, que generaría una serie de innovaciones ahorradoras de factor trabajo como las que acabamos de describir, hasta conseguir reestablecer el equilibrio en la estructura de costes inicial. El progreso técnico es así neutro en el sentido de Harrod[286].

1.3.4. Las debilidades de los enfoques "no–clásicos".

De cuanto hemos visto de los enfoques neokeynesianos, podemos extraer como principio general subyacente a todos ellos el carácter inducido del cambio técnico, tanto en lo que respecta a su dirección o tendencia como en cuanto se refiere a su ritmo.

En su explicación, estos modelos se basan, por un lado, en la existencia de un estado regular de crecimiento que permite un progreso técnico neutro en el sentido de Harrod. Este crecimiento equilibrado sólo es

[285] La constancia del tipo de interés es una de las hipótesis en las que se basa el modelo.

[286] Nótese que todo esto ocurre con una FPI que no ha variado.

Universidad de Huelva 2009

posible en la medida en que la tasa de beneficio (que se hace equivalente al tipo de interés) sea constante. Por otro lado, consideran los factores de la producción (y por tanto los elementos de la distribución) de forma simétrica. Ambos elementos constituyen las principales debilidades del análisis de corte keynesiano del cambio tecnológico.

A continuación exponemos, tras el debate que surgió entre Ahmad y Kennedy, las críticas que es susceptible hacer a los enfoques neokeynesianos. Concluiremos con un breve repaso de la convergencia parcial entre ambos enfoques que surgió fundamentalmente como resultado de un debate entre Samuelson y Kennedy.

a) El debate entre Ahmad y Kennedy y la inconsistencia de la hipótesis de crecimiento equilibrado y de simetría de los factores.

Desde la perspectiva neoclásica y apoyado en las bases analíticas derivadas de la curva de innovaciones a la que hemos hecho mención más arriba, Ahmad intentó refutar las hipótesis de Kennedy. Para ello centró sus críticas en dos aspectos fundamentales. En primer lugar, mantenía que no es evidente que las innovaciones deban ahorrar prioritariamente el factor inicialmente preponderante en la estructura de costes. Por otro lado, la FPI podría obtenerse a partir de dos curvas de innovación, pero ello le impondría unas restricciones que invalidarían el mecanismo de Kennedy.

Para demostrar su primera objeción, Ahamd construyó una función de ahorro de costes ($Z = uw + vr$), que el empresario intenta maximizar. En dicha función u, v, w y r son, respectivamente, la cantidad ahorrada de

Universidad de Huelva 2009

trabajo, la de capital, el salario y el tipo de interés. La relación existente entre las cantidades ahorradas de cada factor viene expresada por $u = \mathrm{u}(v)$ y se cumple que $\mathrm{u}' < 0$ y $\mathrm{u}'' < 0$ de forma equivalente a las hipótesis de la FPI.

Las condiciones de primer orden de la maximización vienen expresadas por:

$$\frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}v} = \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}v}w + r = 0 \Rightarrow \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}v} = -\frac{r}{w}$$

Son por tanto los precios relativos de los factores los que determinan su ahorro. Una vez fijados dichos precios relativos en el mercado, las cantidades ahorradas de cada factor vienen determinadas por la ecuación anterior. En estas condiciones, el carácter neutro o no de la innovación dependerá de la estructura inicial de los costes de producción. Siendo $p = {}^{u}{}_{L}$ y $q = {}^{v}{}_{K}$ los ahorros proporcionales de trabajo y capital[287], respectivamente, tenemos que la innovación será ahorradora de trabajo, neutra o ahorradora de capital según p sea respectivamente mayor, igual o menor que q.

Si las cantidades ahorradas están determinadas una vez fijados los precios relativos de los factores, cuanto mayor sea la participación relativa inicial en los costes del factor trabajo en relación con el factor capital, más reducido será p en relación con q; la innovación será por tanto ahorradora

[287] Recordemos que también son las variables que definen la FPI en el análisis de Kennedy.

Universidad de Huelva 2009

de capital. Se llega así a la conclusión opuesta a la de Kennedy, las innovaciones tienden a intensificar el sesgo inicial, no a compensarlo.

Este hecho, conocido como la "paradoja de Ahmad" se debe a premisas diferentes en las argumentaciones utilizadas por Kennedy para desarrollar su teoría y por Ahmad para refutarla. Así, mientras Kennedy sostiene la existencia de una relación entre las proporciones ahorradas de cada uno de los factores ($\Phi(p,q)=0$), Ahmad sostiene que la relación $\Theta(u,v)=0$ existe entre las cantidades ahorradas de cada factor[288]. La solución a esta aparente paradoja requiere saber cuál de las dos hipótesis es la más plausible, pero no existe evidencia ni argumentación concluyente al respecto[289].

Para fundamentar su segunda objeción se apoya en el análisis gráfico a partir de las curvas de innovación, tal y como representamos en la Figura 1.9, en la que en el panel (a) hemos representado tres curvas de innovación correspondientes a tres momentos distintos del tiempo y en el panel (b) hemos representado una FPI obtenida a partir de dos de las curvas de innovación del panel de la izquierda.

Si inicialmente el sistema se situó en el período *t–1* en la posición tecnológica representada por el punto A, es posible obtener la FPI comparando dicho punto con cada uno de los diferentes puntos de la curva de innovaciones disponible para el período siguiente y que permite obtener el mismo volumen de producción con una menor utilización de los factores.

---

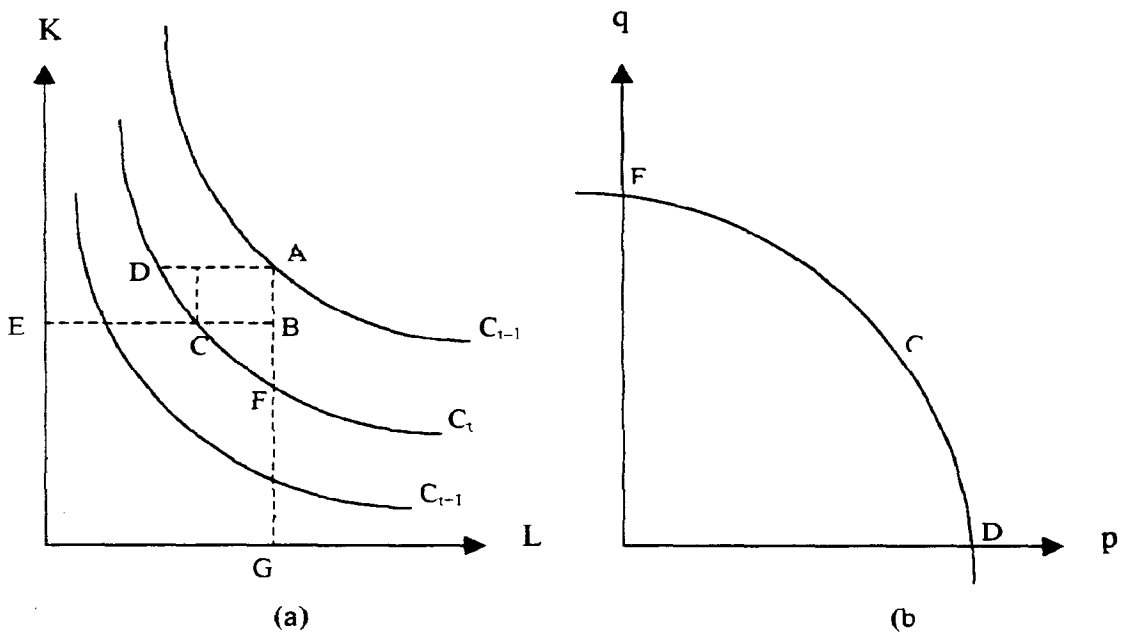
[288] Esta relación puede expresarse como $\Theta'(p,q,L,K)=0$ que tiene como caso particular la función $\Theta''(p{\cdot}L,q{\cdot}K)=0$ y en la que $u=p{\cdot}L$ y $v=q{\cdot}K$ respectivamente.

[289] FERGUSON (1969), p. 349.

Universidad de Huelva 2009

Si en esta nueva curva se eligiese un punto como el C, los ahorros relativos en trabajo y capital serían $p = {}^{CB}_{EB}$ y $q = {}^{BA}_{GA}$ respectivamente. Haciendo lo propio con todos los puntos de la nueva curva de innovación obtenemos una curva convexa cuya ecuación es $p = p(q)$ que tiene como propiedades $p' < 0$ y $p'' < 0$ y representamos en un sistema de ejes [p, q]. Se trata por tanto de una FPI, en la que el primer cuadrante lo obtenemos a partir del tramo DF de la nueva curva de innovación[290].

FIGURA 1.9. OBTENCIÓN DE LA FPI A PARTIR DE LAS CURVAS DE INNOVACIÓN.



Fuente: AHMAD (1966), pp. 345–355, Figuras 3 y 4.

Para Ahmad, la técnica inicialmente utilizada (representada por el punto de partida en la curva de innovaciones inicial) no debe afectar a la

[290] En D tenemos que $p = {}^{DA}_{EB}$ y $q = 0$ mientras que tendríamos $p = 0$ y $q = {}^{FA}_{GA}$ si nos situásemos en F.

Universidad de Huelva 2009

relación existente entre las proporciones ahorradas de cada factor. Es decir, que debe obtenerse la misma ecuación funcional de la FPI independientemente de que partamos del punto A o de cualquier otro sobre la curva de innovaciones inicial. Sin embargo, Ahmad demostró que esto es, en general, imposible. Sólo se cumple en el caso extremadamente particular en el que todas las curvas de innovación tienen elasticidad de sustitución unitaria[291].

Para demostrar la incoherencia de los mecanismos utilizados por Kennedy, Ahmad utiliza como hemos visto las curvas de innovaciones. Dichas curvas no son sino funciones de producción de tipo Cobb–Douglas que sólo difieren entre sí por la cantidad de factores utilizada para obtener el mismo nivel de output. Están por tanto técnicamente determinadas, por lo que independientemente de la estrategia adoptada por el empresario, es imposible que se produzca cambio alguno en la estructura de costes.

De nuevo, la crítica surge de la utilización de premisas diferentes. Recordemos que una vez elegido un punto de una curva de innovación, los demás se volvían no pertinentes económicamente. Esto ocurría período a período, por lo que de cada curva sólo tiene significado económico uno de sus puntos. No parece por tanto coherente aceptar conjuntamente este concepto, basado en el de función de producción, junto con el de FPI, que pretende representar un sistema tecnológico compuesto por multitud de técnicas.

Por otro lado, puesto que la determinación de la innovación es un fenómeno endógeno al modelo, dependiente de la estructura de costes, el

[291] AHMAD (1966), pp. 353–355.

Universidad de Huelva 2009

objetivo de Kennedy no es saber si se habría llegado a la misma solución partiendo inicialmente de una técnica diferente, sino saber qué dirección tomará el cambio tecnológico a partir del uso inicial de una técnica concreta. Por el contrario, considerar una serie de técnicas iniciales (varios puntos de una misma curva de innovaciones), significa situarse ante un mecanismo de sustitución de los factores en función de los precios relativos de los mismos. Este fenómeno de la sustitución es precisamente el que Kennedy rechaza de plano.

Como hemos comprobado, en los enfoques no clásicos las innovaciones no son sino elementos particulares dentro de la perspectiva de conjunto que es la búsqueda de un crecimiento equilibrado. En este contexto, los cambios tecnológicos están inducidos por los elementos de la distribución (estructura de costes), pero siempre dentro del esquema general de una evolución equilibrada en términos de la distribución de la renta.

Una primera crítica a esta premisa es la falta de realismo. Los procesos de crecimiento económico y especialmente los de cambio tecnológico no se dan de forma uniforme y regular, sino a través de cambios estructurales, emergencia de nuevos productos y sectores y declive de otros y diferentes tasas de crecimiento de la productividad de unos sectores a otros[292]. Además, no debemos olvidar el problema que pueden plantear los excedentes. Aunque aparentemente sea deseable una innovación que permite reducir costes unitarios, si además incrementa la

[292] PASINETTI (1965), "A New Theoretical Approach to the Problems of Economic Growth". En *Pontific Academia Scientiarum Scripta Varia*, nº. 28, North Holland.

Universidad de Huelva 2009

producción, puede que no sea racional adoptarla en épocas en que se contrae la demanda.

En cuanto a la simetría de los factores de la producción debemos señalar que es distinta a la existente en el marco neoclásico. No se trata de factores igualmente definidos en unidades físicas, que se intercambian en mercados semejantes, en los que, en el equilibrio, el precio de cada factor iguala su productividad marginal. En los enfoques neokeynesianos se ignora a la productividad marginal. Sin embargo resurge la simetría en la consideración de los factores, esta vez en términos de la participación relativa en los costes unitarios de producción. El sesgo en la estructura de costes hacia un factor u otro recibe un tratamiento simétrico.

En esta ocasión, la crítica surge fundamentalmente de la utilización conjunta en el análisis de dos conceptos que tienen sentido a distintos niveles de agregación. La FPI es un concepto fundamentalmente microeconómico, cada empresa, cada sector tendrá la suya. Sin embargo, para describir la dirección de la fuerza inductora del cambio tecnológico, Kennedy utiliza la participación relativa de los factores en los costes (que como vimos coincidía con la distribución funcional de la renta, es decir, la participación relativa de los factores en el producto neto), que sólo tiene sentido en términos macroeconómicos[293].

Un fuerte incremento de los salarios provocará un cambio significativo en la participación del trabajo en el producto neto. Sin

[293] No parece racional suponer que algún empresario pueda decidir la estrategia innovadora en función de la distribución funcional de la renta con el objetivo de equilibrar la participación relativa de los factores. Más bien intentará reducir sus costes.

Universidad de Huelva 2009

embargo, si una empresa tiene una estructura de costes en la que los costes laborales unitarios son muy reducidos en comparación con los costes unitarios totales, el sesgo ahorrador de trabajo sobre la estrategia innovadora será muy reducido. Análogamente, si los costes laborales unitarios representan una gran proporción de los costes unitarios totales, incluso un ligero aumento de los salarios provocará un importante sesgo ahorrador de trabajo, a pesar de no modificar sustancialmente las partes relativas de los factores.

b) ¿Hay alguna convergencia entre los enfoques neoclásicos y los neokeynesianos?

Como hemos visto, los enfoques neokeynesianos, en especial el de Kennedy, suponían retomar el interés por las cuestiones relativas a la tendencia inducida en el cambio técnico, frente al abandono que tenía esta cuestión en el análisis neoclásico. Como resultado surgió un interesante debate entre representantes de ambos enfoques. Ya hemos presentado el debate que surgió con Ahmad. A continuación desarrollaremos el que se suscitó con Samuelson[294], del que quizá surgiese una parcial convergencia entre ambos enfoques.

Hasta la fecha de la primera aportación de Samuelson al mencionado debate, desde la teoría económica, la consideración del cambio técnico se hacia a través de dos análisis excluyentes. Por un lado, la visión neoclásica,

[294] Este debate se desarrolló en dos fases. La primera surge con la crítica de SAMUELSON (1965) en el que compara las teorías de Kennedy y de Weisäcker. La segunda se da un año más tarde con la réplica de KENNEDY (1966) y la contrarréplica de SAMUELSON (1966) publicadas en el mismo número de *The Review of Economics and Statistics*, en páginas correlativas.

Universidad de Huelva 2009

que prestaba gran atención al fenómeno de la sustitución entre los factores de la producción, distinguiéndolo del que consideraban verdadero progreso técnico. Por otro, los enfoques de corte neokeynesiano, que rechazaban todo proceso de sustitución de factores y se centraban especialmente en el fenómeno de la inducción de la tendencia del progreso técnico.

Samuelson pretendió integrar ambos enfoques en un modelo de innovaciones inducidas a partir de la utilización conjunta de la sustitución entre factores y de la inducción del progreso técnico. Es decir, utiliza conjuntamente, como instrumentos del análisis, la función de producción y la FPI. Esta complementariedad le permite articular su modelo en dos niveles.

En el primero de ellos encuentra una relación entre la distribución y la tecnología a través de la sustitución entre factores de la producción. Los precios relativos de dichos factores, determinados en el mercado por sus productividades marginales (es decir, por la función de producción), juegan un papel fundamental.

En el segundo, este papel principal lo toman las partes relativas de cada factor en la distribución. Su importancia deriva del efecto que tienen sobre la tendencia del progreso técnico en cuanto a la utilización (ahorro) de los inputs. El mecanismo por el que actúan es el mismo de Kennedy, un proceso de selección de innovaciones de forma que se maximice la reducción de los costes. Por supuesto, las partes relativas de los factores se ven modificadas no solo por los efectos de los cambios en la tendencia del progreso técnico, sino también por los de las variaciones de los precios relativos descritos en el primer nivel.

Universidad de Huelva 2009

Si el papel crucial de las herramientas del análisis lo tomaban la función de producción en el análisis neoclásico y la FPI en el neokeynesiano, en la síntesis de Samueslon es la elasticidad de sustitución la que se comporta como un parámetro fundamental para definir la tendencia del progreso técnico. Siendo dicha elasticidad mayor que uno, uno de los factores tiende a agotar todo el producto, por lo que su parte relativa tiende a crecer hasta el 100% del producto neto. Si fuese menor que uno, el acumular relativamente un factor conllevaría una reducción de su parte relativa, por lo que induciría un sesgo ahorrador del otro factor. Por último, si la elasticidad de sustitución fuese igual a la unidad (como es el caso de la función de Cobb–Douglas, las partes relativas están técnicamente determinadas[295].

Como principal resultado de este debate, encontramos una convergencia parcial entre ambos enfoques, que se materializa en la utilización, por parte de Kennedy, de la función de producción dinámica junto con la FPI, distinguiendo así los movimientos a lo largo de la mencionada función de los efectos de la innovación. Ambos enfoques suponen también un tipo de interés (equivalente a la tasa de beneficios) constante, una simetría entre trabajo y capital, y un progreso técnico neutro en el sentido de Harrod, dentro de un crecimiento equilibrado.

Sin embargo, las diferencias en los fundamentos subsisten. Así, para Kennedy, la aceptación de la función de producción no implica que considere que las productividades marginales y los precios de los factores tengan alguna significatividad en el proceso de inducción. Pero quizá las

[295] SAMUELSON (1965), p. 347.

Universidad de Huelva 2009

diferencias más significativas surjan en cuanto se refiere a la especificación del modelo. Para Kennedy, la constancia del tipo de interés constituye una variable exógena, mientras que la tasa a la que aumenta la acumulación del capital respecto al crecimiento del trabajo es una variable endógena al modelo. Para Samuelson, la acumulación es la variable exógena y la constancia del tipo de interés la endógena. Pero en ningún caso se justifica por qué el tipo de interés no manifiesta tendencia alguna, ni al alza ni a la baja.

1.4. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA, ESTRUCTURA INDUSTRIAL Y ELEMENTOS INSTITUCIONALES.

Al observar la evolución relativamente más reciente del proceso de innovación y cambio tecnológico, nos encontramos con un hecho crucial. Desde finales del siglo XIX y cada vez con mayor intensidad a medida que avanzaba el siglo XX, el eje fundamental de la actividad inventiva se ha alejado cada vez más del quehacer individual y se ha dirigido hacia los laboratorios organizados como una función más dentro de las empresas. La investigación y la innovación tienen cada vez menos componente aleatorio o de inspiración individual y pasan a ser cada vez más el resultado de una acción conscientemente dirigida y orientada.

Cuando nos interrogamos sobre las causas de este cambio, encontramos al menos tres factores como respuesta[296]. En primer lugar, en muchas si no en todas las industrias, la invención se ha convertido en una actividad que requiere una especial cualificación y una formación avanzada

[296] NELSON (1988), p. 219.

Universidad de Huelva 2009

en ciencia e ingeniería, la utilización de instrumentos y equipos cuyo coste es elevado y a menudo el trabajo en equipo de un grupo de individuos. Por otro lado, el conocimiento sobre la tecnología previa, sus fortalezas y debilidades y las necesidades de los usuarios han tendido a convertirse en una propiedad, dificilmente accesible a cualquiera que no está conectado con la empresa y que carezca de un acceso especial. Por último, la invención se ha convertido en un arma prominente en la lucha competitiva entre las empresas.

En reconocimiento de la importancia de estos factores, y especialmente desde la publicación en 1942 de *Capitalismo Socialismo y Democracia* por Schumpeter, en el análisis económico se ha desarrollado una línea de investigación preocupada por averiguar cuáles son las características de las empresas y la estructura industrial que conducen al desarrollo de la innovación y el cambio tecnológico[297]. A medida que ha avanzado el conocimiento se ha comprendido que el proceso de cambio técnico tiene en determinadas industrias una poderosa lógica interna, que influencia las demandas de innovación que pueden satisfacerse y cuáles no, así como que la apropiación por las empresas de los resultados de determinados tipos de innovación es mucho más fácil que los de otros. Todo ello ha llevado a incluir los aspectos institucionales y la estructura de mercado dentro del análisis.

[297] En este sentido, la obra de ATKINSON y STIGLITZ (1969) marca un hito fundamental. Por otro lado, en MOLERO (1990) encontramos un extraordinario *survey* de todas estas nuevas ideas.

Universidad de Huelva 2009

1.4.1. La naturaleza del proceso de innovación.

Es a partir de la década de 1970, especialmente desde finales, cuando se ha ido incrementando la atención prestada a todos los fenómenos relacionados con la innovación y el cambio técnico. En opinión de Dosi, son varios los factores que han impulsado este hecho y que en parte son internos a la propia dinámica de la disciplina económica y en parte están también relacionados con la creciente percepción empírica de la importancia de los factores tecnológicos en la competitividad y el crecimiento [298].

Muchos han sido los estudios que se han centrado en los efectos y la importancia que tiene la innovación tecnológica sobre la competitividad industrial y el comercio exterior, especialmente a la luz de los resultados alcanzados por la economía japonesa y la percepción intuitiva de la llamada "revolución microelectrónica"[299]. En el presente apartado, pretendemos prestar atención, sin embargo, a los aspectos del cambio técnico como componente esencial del proceso de crecimiento y transformación de la economía.

---

[298] "The growing attention to innovation–related phenomena is probably due to various factors, partly internal to the dynamics of the economics discipline and partly related to the increasing empirical perception of the importance of technological factors in competitiveness and growth". DOSI (1988), p. 231.

[299] Para un estudio más detallado de estos aspectos nos remitimos AOKI (1986), BORDA (1990), FREEMAN (1982, 1987 y 1988), FREEMAN y SOETE (1987), MARTÍN (1992 y 1993), MARTÍN y VELÁZQUEZ (1993), PORTER (1990) y de forma especial OCDE (1984), entre otros.

Universidad de Huelva 2009

a) Caracterización de la actividad innovadora.

Llegados a este punto, se hace imprescindible, antes de continuar, desarrollar una descripción de qué es lo que entendemos por innovación. Ya hemos recogido la definición que de ella da la OCDE[300]. La utilidad de esta definición, a efectos prácticos, para la elaboración de estadísticas sobre I+D y actividad innovadora en general, es evidente. Pero por la vocación con la que nace es al mismo tiempo extraordinariamente extensa y exhaustiva. Por comodidad en la escritura, seguiremos la definición realizada por Dosi, que no sólo es compatible con la del Manual de Frascati, sino que es básicamente idéntica, aunque expresada de forma mucho más genérica. Esencialmente, la innovación concierne la búsqueda, descubrimiento, experimentación, desarrollo, imitación y adopción de nuevos productos, nuevos procesos de producción o nuevas estructuras organizacionales[301].

Una vez conocidas qué actividades pueden considerarse como innovación, resulta igualmente necesario saber cuáles son las características fundamentales de este conjunto de actividades que conocemos como innovación, también descritas por Dosi[302].

La primera de ellas es la *incertidumbre*, derivada no sólo de la información incompleta sobre sucesos conocidos, sino fundamentalmente de la existencia de problemas tecno–económicos cuyos procedimientos de

---

[300] OCDE/OECD (1981), *Manual de Frascati*, pp. 17–19 y 30–44.

[301] "In an essential sense, innovation concerns the search for, and the discovery, *experimentation*, *development*, *imitation*, and *adoption of new products*, *new production* processes and new organisational set–ups". DOSI (1988), p. 222.

[302] "Stylised facts of innovation". DOSI (1988), pp. 222–223.

Universidad de Huelva 2009

solución son desconocidos y de la imposibilidad de trazar con precisión las consecuencias de las acciones.

En segundo lugar, destaca la *importancia de los avances en el conocimiento científico* para generar nuevas oportunidades tecnológicas que acaben por constituirse en innovaciones.

Como tercera característica y debido a la creciente complejidad de las actividades de investigación y de innovación, destaca la *pérdida de relevancia de los investigadores individuales* a favor de organizaciones formales de investigación como laboratorios de I+D, de las empresas y públicos, universidades e instituciones privadas sin fines de lucro, entre otros.

En cuarto lugar, la importancia de lo que Rosenberg llamó "*learning–by–using*" y "*learning–by–doing*"[303] como *complemento de la actividad de las organizaciones formales*. Esto otorga un papel destacado a las actividades informales para la resolución de problemas cotidianos, atender los requerimientos de clientes específicos y la superación de determinados "cuellos de botella".

Finalmente, *el cambio tecnológico es una actividad acumulativa*, que no puede ser descrita simplemente como el resultado de las reacciones flexibles ante cambios en las condiciones de los mercados. En general, la capacidad de respuesta ante condiciones cambiantes así como la posibilidad de generar mejoras tecnológicas dependen del estado en que se encuentre el

[303] Para una descripción más detallada de estos conceptos nos remitimos a las obras de ROSENBERG (1976, 1982 y 1994).

Universidad de Huelva 2009

conocimiento científico y tecnológico, es decir, de su acumulación en el pasado. En muchas ocasiones, es dicho estado junto con la naturaleza de la tecnología disponible, lo que determina que exista una reacción (o bien que otra diferente no sea viable) ante cambios en las condiciones determinantes del mercado. Dicho de otro modo, el progreso técnico no es un fenómeno generalizado, sino localizado y específico[304].

Consideramos que a estas características debe añadirse una sexta, que Dosi considera separadamente, al estudiar las oportunidades y los paradigmas tecnológicos. Nos referimos a los *diversos tipos de conocimiento requeridos* para que tenga lugar el proceso de innovación[305]. Se requiere tanto conocimiento formal o articulado, recogido en manuales y explicado en centros de enseñanza, como conocimiento informal e implícito, aprendido fundamentalmente a través de la práctica y la experiencia. Igualmente, son necesarios conocimientos de carácter general, aplicables a cualquier campo científico o tecnológico, junto con otros específicos del campo concreto en que tiene lugar la innovación. Además, los conocimientos empleados son unas veces de dominio público, mientras que otras lo son estrictamente privados, bien porque sean tácitos o informales (adquiridos por la práctica y la experiencia en la empresa) o porque estén protegidos legalmente a través de un sistema de patentes o por el secreto empresarial o profesional.

---

[304] MOLERO (1990), p. 43, quien añade que "las mejoras tecnológicas no afectan a toda la economía o a todas las empresas... frente a la idea más extendida de que el cambio tecnológico supone un desplazamiento de la función de producción, la realidad es que sólo se modificaría una parte de ella".

[305] DOSI (1988), p. 224.

Universidad de Huelva 2009

Es decir, la principal característica de la tecnología es su complejidad. Como resultado, nos encontramos con una consecuencia inevitable, la variedad. Esta variedad hace que surjan ciertas "líneas tecnológicas" entre las que existe una considerable "distancia tecnológica" que dificulta, cuando no imposibilita, el reciclaje y la reconversión de personal, activos y conocimientos[306]. Por ello, quizá sea más adecuado hablar de tecnologías, en plural, que de tecnología en singular. Surgen así cuatro familias tecnológicas[307]:

- *Mecánica*, basada en las actividades de los departamentos de ingeniería de la producción y el diseño de las empresas industriales.
- *Química*, basada en las actividades de los laboratorios de I+D de las empresas industriales y en la investigación básica en química.
- *Eléctrica y electrónica*, basada en las actividades de los laboratorios de I+D de las empresas industriales y en la investigación básica en física.
- *Software*, basada en los departamentos de sistemas de las empresas industriales y de servicios.

[306] Véase DEBRESSON y TOWNSEND (1978), FREEMAN, CLARK y SOETE (1992) y JAFFE (1989b) para una discusión más detallada de la existencia de distancia tecnológica y de la determinación de cluster o familias tecnológicas. Éstos pueden caracterizarse, por un lado, por la existencia de conocimientos, competencias y recursos tecnológicos claramente diferenciados de los requeridos por las demás familias, y por otro, por la existencia de fuentes y trayectorias de innovación igualmente diferenciados.

[307] PATEL y PAVITT (1995), p. 20.

Universidad de Huelva 2009

b) Actividades de I+D y estructura de las empresas.

Acabamos de ver que las actividades innovadoras tienen multitud de componentes y que unas veces son el resultado de la búsqueda consciente y otras surgen a partir de un conocimiento tácito o fruto de la experiencia y el uso cotidiano. Sin embargo, podemos admitir que son las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) las que constituyen el "núcleo duro" de la actividad innovadora.

Inicialmente estas actividades eran desarrolladas al margen de las empresas, que se dedicaban a actividades puramente productivas, comerciales y financieras. Los centros de investigación[308] ocupaban así un lugar preeminente en las actividades de I+D y vendían sus resultados a las empresas. Sin embargo, desde finales del siglo XIX surge una tendencia a interiorizar dichas actividades de I+D en el seno de la empresa. Este proceso se ha ido intensificando a medida que ha avanzado el siglo XX[309].

Las causas para este proceso se encuentran en las dificultades para definir un contrato viable y aceptable por ambas partes, dadas las características que encierra la propia actividad innovadora[310]. En primer lugar, las dificultades para encontrar un nivel satisfactorio de protección de la información y la propiedad intelectual. Por otro lado, las dificultades

---

[308] Como ejemplo más notorio está el laboratorio de Thomas Edison en Menlo Park, New Jersey, que en febrero de 1880 empleaba a 64 personas. No obstante, TEECE (1988), p.279, matiza esta afirmación al considerar que se trataba más bien de una infraestructura técnica y humana creada para dar cobertura a la capacidad inventiva de Edison.

[309] Para un análisis más detallado de estos aspectos véase MOWREY (1983), KAY (1988), HAGERDOORN y NARULA (2000) y ARCHIBUGI e IAMMARINO (2000), estos últimos centrados en los efectos de la globalización.

[310] TEECE (1988), pp. 258–262.

Universidad de Huelva 2009

para emitir una información que en muchas ocasiones es de carácter tácito y en otras estratégica. Además, se generan costes y beneficios para varias partes, cuyo reparto constituye un verdadero problema. Finalmente, existe la posibilidad de encierro o dependencia tecnológica[311] de la empresa usuaria respecto al proveedor, lo que confiere a éste una ventaja en futuros contratos. Las alternativas de contratos no son ninguna de ellas satisfactorias. Un contrato de precio fijo incorpora un riesgo excesivo dada la incertidumbre intrínseca a la actividad innovadora. Por otro lado, un contrato de margen sobre costes menoscaba los incentivos para reducir costes.

Como alternativa, la integración supone cuatro importantes ventajas. En primer lugar, se crea un conjunto de especialistas que comprenden cada uno de los demás problemas y necesidades de la empresa y comparten objetivos generales comunes. Además, pueden intercambiar la información que necesiten sin que existan barreras corporativas o de la propiedad. Por otro lado, el carácter tácito de parte del conocimiento e información necesarios para la actividad innovadora hace deseable estabilizar la relación entre el vendedor o proveedor de la tecnología y su comprador o usuario. Esta estabilidad se consigue con la integración. Finalmente, se consigue mantener al proveedor de la innovación lo más al margen posible de las actividades de imitación (*Spillover*) de los competidores[312].

Una posible estructura de integración es la vertical. Este tipo de integración con los proveedores o con los distribuidores es más eficaz

[311] Tanto para la mejora y actualización de la tecnología como en cuanto al diseño del equipo productivo y los componentes, que pueden tener un carácter altamente específico.

[312] TEECE (1988), pp. 263–264.

Universidad de Huelva 2009

cuando la innovación genera importantes interdependencias tecnológicas[313]. En tal caso, es de esperar que la comercialización de la innovación requiera nuevas inversiones en varias etapas del proceso productivo y de comercialización. Esto significa que para que una invención que permite ahorrar costes pueda introducirse de forma eficiente, requiere su adopción no sólo por una parte de la industria, sino por toda ella. Si una parte decide adoptarla, sólo podrá aprovechar las ventajas de la innovación si los demás componentes de la industria realizan inversiones complementarias. Cuando las distintas partes de la industria presentan una estructura de propiedad separada, la cooperación necesaria para generar y comercializar la innovación entraña una gran dificultad. Esta dificultad es un obstáculo para que la actividad innovadora pueda dar sus frutos.

Desde los estudios de Historia Económica parece aportarse evidencia de que la integración vertical favorece el nivel y la velocidad de difusión de las innovaciones, mientras que la existencia de empresas separadas constituye una barrera a la innovación[314]. La justificación está en las

---

[313] La existencia de interdependencias provoca la necesidad de cambiar no sólo el elemento en el que se ha introducido la innovación, sino además otras partes del sistema o conjunto necesario para el consumo o utilización del bien. Así, la invención de la fotografía instantánea implicó el cambio no sólo de la película sino también de la cámara. Igualmente, el desarrollo de determinadas aplicaciones informáticas o de un nuevo sistema de comunicaciones entre la CPU y los periféricos pueden requerir el cambio de todo el hardware y el software que no sean compatibles con los requisitos de la aplicación. Como contrapunto, están las innovaciones autónomas, que pueden introducirse sin cambios adicionales. Por ejemplo, un microprocesador más rápido o un disco duro de mayor capacidad y más rápido acceso.

[314] Véase FRANKEL (1955) y KINDLEBERGER (1964), quien además justifica con estos argumentos (pp. 146–147) que la entonces República Federal de Alemania y Japón alcanzasen y superasen tecnológicamente y en actividad innovadora a Gran Bretaña. Además, MARX (1976) explica el dominio de General Motors en los motores diesel–eléctricos por estar integrada verticalmente con los suministradores de electricidad y sus competidores no.

Universidad de Huelva 2009

externalidades generadas por la innovación, que quedan internalizadas a través de la integración vertical.

En resumen, podemos afirmar que cuando las innovaciones generan interdependencias significativas que hacen surgir externalidades y es difícil definir un contrato aceptable y operativo, la integración vertical se convierte en una alternativa que facilita la innovación. Ello se debe a que facilita los flujos de información, obvia los problemas de propiedad y permite superar las reticencias a realizar inversiones en activos específicos, a intercambiar información sobre otros bienes y necesidades y a desarrollar innovaciones que requieran la participación de dos o más empresas. No obstante, no debemos olvidar un importante contrapunto[315]. Las empresas integradas serán reticentes a cambiar su tecnología antes de haber agotado plenamente el valor de sus activos irreversibles. Estas empresas no comercializarán rápidamente una nueva innovación a menos que teman a la competencia, real o potencial.

Una forma alternativa de estructura de integración la constituye la diversificación horizontal. Con ella se pretende explotar todas las oportunidades de beneficio que surgen de las múltiples aplicaciones de una tecnología. Este comportamiento surge de forma especial cuando se han agotado las oportunidades de crecimiento en los mercados en que inicialmente se introdujo la innovación. Es decir, cuando la empresa agota las oportunidades de beneficio en su actividad principal, puede diversificarse para explotar las oportunidades derivadas de la adaptación y

[315] UTTERBACK (1978).

Universidad de Huelva 2009

aplicación de la innovación a otras actividades afines o que por otro motivo sean susceptibles de asimilar la innovación.

En este caso la empresa se encuentra ante dos posibilidades. Por un lado, puede aplicar a nuevos mercados el conocimiento y saber hacer genéricos, obtenidos en su actividad principal, ya sea mediante inversiones directas en estos mercados o bien mediante la absorción o afiliación con empresas ya instaladas. De otro, puede otorgar contratos de licencia de la nueva tecnología a empresas no afiliadas y ya instaladas en estos otros sectores para que la adapten y usen en sus procesos productivos. Se trata por tanto de ver cuál de las dos opciones proporciona mayor rentabilidad a la empresa[316].

La elección entre ambas alternativas dependerá al menos de tres factores. En primer lugar, el grado y la efectividad[317] de la protección legal de los derechos de propiedad. Por otro lado, los costes de transferencia de la tecnología a una empresa no afiliada en comparación con los derivados de la transferencia interna o a una empresa afiliada. En este sentido, los costes de definición, formalización y perfeccionamiento de los contratos tienen un papel fundamental. Finalmente, la magnitud de las habilidades, conocimientos y saber hacer de carácter complementario que posea el licenciado y que puedan ser asimiladas por el potencial propietario de la

[316] TEECE (1988), p. 267.

[317] Nos referimos no solo a la existencia de leyes que protejan "nominalmente" los derechos de propiedad. Queremos hacer hincapié en la existencia de una infraestructura jurídica y legal que garantice la protección efectiva de dichos derechos y un sistema judicial imparcial y rápido que asegure su reposición a un coste reducido, no prohibitivo. Véase MESSICK (1996) y BEACH y O'DRISCOLL (2000) para una mayor discusión de la diferencia entre protección nominal y efectiva.

Universidad de Huelva 2009

tecnología. Cuanto mayores sean el grado de protección como su efectividad, menores los costes de transferencia de la tecnología a través del mercado y menor también el conjunto de complementariedades susceptibles de ser adquiridas, más probable es que puedan existir contratos de licencia. La integración horizontal se plantea como una alternativa plausible cuando se dan justo las condiciones inversas.

c) Una visión en clave de paradigmas: divergencias en la actividad innovadora, oportunidades y condiciones del mercado.

Pero si éstas son las características generales, comunes a todo proceso innovador, qué factores explican las divergencias existentes en cuanto a la actividad innovadora entre países y/o entre sectores productivos. La respuesta constituye uno de los aspectos más consolidados de la investigación más reciente en economía de la innovación y el cambio tecnológico. Se trata de la constatación de la existencia de diversos elementos que caracterizan la innovación y que, combinados entre sí, caracterizan cada tecnología.

Como primer elemento, encontramos las fuentes del conocimiento y los procesos de aprendizaje, que como ya hemos visto incorporan aspectos públicos y privados tácitos y expresos, y cuya accesibilidad difiere en el tiempo y en el espacio. Junto a éste, un segundo elemento lo constituye el nivel tecnológico previamente alcanzado, dado el carácter fuertemente acumulativo de la actividad innovadora. El nivel de apropiabilidad de los resultados obtenidos con la actividad innovadora tanto en términos puramente tecnológicos (protección contra la copia) como económicos

Universidad de Huelva 2009

(relacionados con la estructura y el funcionamiento de los mercados) constituye el tercer elemento. Su importancia se deriva de las características de bien público asociadas al conocimiento científico y tecnológico y a los resultados de la innovación, una vez puestos en el mercado. Por último, las oportunidades tecnológicas, que pueden definirse como "la posibilidad y facilidad para alcanzar una innovación, dada una cantidad de recursos dedicados a su logro, en relación con el potencial de avance tecnológico... Una parte... son exógenas a las empresas, pero otras se generan en su actividad innovadora"[318]. Estas oportunidades van a depender en gran medida de qué problemas tecnoeconómicos percibe la sociedad, de cuáles son considerados por la sociedad que los percibe y, además, de la forma en que se resuelvan dichos problemas. Todos estos factores tienen mucho que ver con la utilización de distintos tipos de conocimiento en el proceso de innovación.

De aquí se sigue que existe una amplia gama de posibilidades en el proceso innovador, como resultado de las distintas combinaciones con que se presenten en cada caso dichos elementos. La combinación concreta de todos o de varios de ellos determinará la innovación que exista en cada caso. El ámbito en el que se inscribe la capacidad de aprendizaje (y por ende de innovación) de una empresa depende por tanto de la trayectoria pasada y de los "imperativos tecnológicos" con los que se enfrente[319].

---

[318] BUESA y MOLERO (1993), p. 50.

[319] TEECE (1988), pp. 265–266.

Véase ROSENBERG (1969) para una definición precisa del concepto de "imperativo tecnológico".

Universidad de Huelva 2009

Pero la combinación de los diversos tipos de conocimiento necesarios para que tenga lugar la innovación no es aleatoria. Se hace siguiendo unas pautas determinadas para la utilización de unos principios científicos seleccionados y un material tecnológico concreto. Son varias las formulaciones teóricas que han sido desarrolladas para explicar este concepto. Todas ellas con similitudes y equivalencias en sus aspectos generales, aunque mantienen pequeñas diferencias en matices como, por ejemplo, su consideración preferentemente micro o macroeconómica.

La primera de ellas fue la de *trayectorias tecnológicas*[320]. Posteriormente se desarrolló el concepto de *regímenes tecnológicos*[321] y, bajo la influencia de las nuevas tendencias en la filosofía de las ciencias el que Dosi llamó *paradigma tecnológico*[322]. Estos paradigmas tecnológicos determinan qué problemas tecnológicos se consideran significativos y por tanto susceptibles de ser resueltos así como los principios científicos y el material tecnológico a emplear en su resolución.

Tanto paradigmas como regímenes y trayectorias comprenden multitud de elementos prácticos, entre los que se encuentran aquellos modelos que son experimentales primero y que luego se mejoran, perfeccionan y desarrollan hasta ponerlos en el mercado. Junto a ellos, nos encontramos con elementos heurísticos, que determinan qué se debe

---

[320] NELSON Y WINTER (1977).

[321] Desarrollado inicialmente por NELSON y WINTER (1982) y ampliado posteriormente por WINTER (1984).

[322] El propio Dosi señala que esta aparente similitud con el concepto de paradigma científico, tan de moda en el momento en que escribió el artículo es sólo parcial. Sólo existe en cuanto a la definición y a los procedimientos, pero no en lo que se refiere a los objetivos ni a las estructuras profesionales. Véase DOSI (1982) para una definición extensa de paradigma tecnológico.

Universidad de Huelva 2009

investigar y el camino a seguir a partir de cada paso intermedio en el proceso de investigación y desarrollo conducente a la innovación.

Un concepto semejante fue posteriormente desarrollado bajo la denominación de *paradigma tecnoeconómico*[323]. Con él se pretende describir cómo las tecnologías constituyen una poderosa vía de interrelación e influencia en el comportamiento de las empresas y las industrias por todo el sistema económico y social. Se trata no sólo de una nueva gama de productos y sistemas productivos. Incluye además innovaciones organizativas y de gestión que acaban modificando la dinámica de la estructura de costes de todos los posibles inputs de la producción. Cada paradigma está caracterizado por un input o conjunto de inputs que se caracterizan por tener costes decrecientes, una oferta rápidamente creciente y aparentemente ilimitada, y ser potencialmente fáciles de usar o incorporar en el conjunto de los sectores productivos. Estos inputs constituyen un factor clave del paradigma tecnoeconómico. Así, un paradigma tecnoeconómico es un concepto macroeconómico que estaría compuesto por varios paradigmas tecnológicos (en el sentido de Dosi), que constituirían su expresión microeconómica[324].

Más allá de la consistencia y la semejanza con otros conceptos desarrollados por diversos autores[325], el aspecto fundamental del concepto

---

[323] Véase PEREZ (1983) y FREEMAN y PEREZ (1988) para una descripción más detallada de este concepto.

[324] Como ejemplo, DOSI (1982 y 1988) propone el paradigma tecnoeconómico de la microelectrónica, que incluye varios paradigmas microeconómicos relacionados con los semiconductores, la microinformática y la automatización industrial, entre otros.

[325] Además de los ya mencionados, deben considerarse los "mecanismos de enfoque" (focusing devices) de ROSENBERG (1976) y lo que SAHAL (1981 y 1985) describió como

Universidad de Huelva 2009

de paradigma tecnológico (y del paradigma tecnoeconómico en un sentido más amplio) está en la ruptura con el esquema de Arrow y con los aspectos esenciales de la conceptualización dominante en la teoría económica neoclásica.

CUADRO 1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA VISIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.

Visión previa	Visión nueva
1. La tecnología es "información", lo que le confiere un carácter de bien público. Lo que debe resolverse es un problema de asignación de recursos.	1. La tecnología es "conocimiento", por lo que su reproducción ni es fácil no gratuito. Es un conocimiento específico de la empresa.
2. Existen costes en la producción de la tecnología pero no en su transmisión	2. Existen importantes costes en la transferencia por su carácter de específica. El aprendizaje presenta múltiples variedades y dificultades. La transición ciencia→tecnología no es lineal.
3. Los agentes económicos implicados buscan la maximización de la función objetivo de la empresa.	3. La actividad innovadora es acumulativa con rendimientos crecientes en el tiempo. La experiencia pasada determina las posibilidades futuras con la salvedad de la incertidumbre que rodea todo proceso creativo.
4. Las innovaciones son de proceso: suponen cambios de la función de producción.	4. La investigación empírica demuestra que la mayoría de las innovaciones son de productos.
5. Las innovaciones se incorporan a las industrias de bienes de capital. Este sector es el fundamental para el progreso técnico.	5. Estudios recientes muestran que aproximadamente la mitad de las innovaciones la originan los *usuarios* de productos, máquinas o procesos.
6. Todos los sectores son iguales.	6. Las diferencias intersectoriales son muy acusadas. Frente a la idea de la uniformidad se impone la de la variedad.
7. Domina el concepto de escasez.	7. Domina el concepto de oportunidad.

Fuente: MOLERO (1990), p. 44, Cuadro 2.

La tecnología ya no se concibe como un stock de información (conocimientos tecnológicos) universalmente aplicables y fáciles de reproducir y de reutilizar con sólo "echando mano" de dicho stock[326]. Por el

"technological guide–post" o "postes–guía tecnológicos".

[326] En ARROW (1962a) se encuentra una exposición detallada de esta concepción de la tecnología, el cambio técnico y la innovación, que estuvieron vigentes durante largo tiempo en

Universidad de Huelva 2009

contrario, desde estas nuevas perspectivas, se acepta como hipótesis crucial el carácter fuertemente selectivo de las actividades innovadoras, que son el resultado de un proceso acumulativo de adquisición de conocimientos y experiencias y que, cada vez más, tienden a desarrollarse en direcciones concretas y no aleatoriamente. El Cuadro 1.2 resume adecuadamente esta ruptura entre dos visiones de la innovación y el cambio tecnológico.

Aunque las empresas utilicen en parte conocimientos generales y algunos puedan provenir de otras empresas, el grueso de los conocimientos son adquiridos en el seno de la empresa. La innovación se convierte así en una actividad estratégica, que contribuye a la diferenciación de cada empresa frente a sus competidoras. No obstante, sí que existe coincidencia con la visión neoclásica en cuanto al importante papel jugado por la búsqueda permanente de la combinación de inputs de menor coste posible, con el objetivo de mantener o incrementar la productividad.

Desde un punto de vista macroeconómico, un nuevo paradigma tecnoeconómico supone un salto cuantitativo en la productividad potencial para el conjunto de la economía (o al menos para la mayor parte), lo que genera un nuevo y amplio campo de oportunidades de inversión y beneficio, insospechado con el antiguo paradigma[327]. El resultado es una reducción de los costes tanto del capital como del trabajo, por lo que el debate sobre la sustitución de factores planteado en términos neoclásicos pierde significatividad. Las decisiones no son el resultado de la información perfecta sino de un proceso reiterado de prueba y error, y el

el cuerpo de la Teoría Económica.

[327] FREEMAN y PEREZ (1988), p. 48.

Universidad de Huelva 2009

cambio se debe a la aparición de nuevas oportunidades de inversión y beneficio, no a la variación de los precios relativos de los factores. La noción de continuidad en los cambios, sensibilidad a variaciones de muy pequeña magnitud y reversibilidad de la sustitución de factores quedan rechazadas[328].

Pero no debemos olvidar que en la actividad innovadora existen complementariedades y sinergias (entre empresas y entre sectores, e incluso entre regiones) que hacen surgir externalidades en el seno de dicha actividad innovadora. Es decir, hay una serie de interdependencias que quedan al margen del mercado y hacen que los flujos de estímulos y restricciones en la actividad innovadora no coincidan con los flujos de bienes y servicios[329].

Estas diferencias dependen del contexto en que tenga lugar la actividad innovadora. Las condiciones fundamentales que definan dicho contexto harán que, para un conjunto dado de señales estrictamente económicas, existan diferentes incentivos, estímulos, límites y restricciones para la actividad innovadora[330]. Las diferencias en el contexto serán el

---

[328] FREEMAN y PEREZ (1988), pp. 49–58.

[329] DOSI (1988), p. 226.

[330] Observemos que esto no significa que se consideren irrelevantes los efectos de los cambios en los precios relativos. Sólo destaca que no son el único elemento determinante de la innovación.

Tampoco se trata de un posicionamiento en el largo debate sobre la literatura de la innovación en cuanto a la importancia del "tirón de la demanda" (demand pull) o el "empuje de la tecnología" (tecnology push) en la determinación del progreso tecnológico y la dirección o sesgo que éste toma. Más bien al contrario, cada paradigma establece no sólo qué oportunidades de cambio técnico son posibles, sino también los límites a los efectos inductores del entorno, que incluye los cambios en los precios relativos. En MOWREY y ROSENBERG (1979) encontramos una discusión crítica de este debate.

Universidad de Huelva 2009

resultado de los procesos de organización del entorno, ya sean a través de una estrategia consciente pública o privada, ya mediante decisiones descentralizadas tomadas independientemente. Esta última idea ha generado dos líneas de investigación. Por un lado, aquellos trabajos que tienden a explicar cómo una compañía puede internalizar las externalidades diversificando su actividad productiva y/o fusionándose con otras[331]. Por otro, los estudios centrados en la generación de un activo colectivo, que han servido de justificación para el diseño de los llamados Sistemas Nacionales de Innovación, en los que se pretende integrar la iniciativa pública y la privada y que son susceptibles de encuadrarse en distintos ámbitos geográficos[332].

A partir del concepto de paradigma tecnológico y apoyándose en los resultados de trabajos previos[333], Dosi considera que las diferencias observadas, en el tiempo y entre sectores, en el ritmo y la forma en que se generan las innovaciones depende de tres factores. Éstos son las oportunidades asociadas a cada paradigma tecnológico, el grado de apropiabilidad de los resultados de la innovación y los patrones de evolución de la demanda a la que se enfrentan las empresas. Estos dos aspectos nos llevan a la necesidad de considerar la influencia de los elementos institucionales en el cambio técnico y la innovación.

---

[331] Véase TEECE (1982 y 1988) para un análisis más detallado.

[332] En LUNDVALL (1988) encontramos un tratamiento detallado de este hecho.

[333] Así lo reconoce DOSI (1988), pp. 228–230. Entre ellos destacan ROSENBERG (1976), FREEMAN (1982), NELSON y WINTER (1982), von HIPPEL (1982), LEVIN *et al.* (1985) y LUNDVALL (1988), éste último insertado en el mismo libro, coeditado por el propio Dosi, en el que se incluye el trabajo al que hacemos mención más arriba.

Universidad de Huelva 2009

1.4.2. La importancia de los aspectos institucionales.

Una vez aceptado que el cambio técnico es una variable económica más, se nos presenta una cuestión de gran relevancia. Se trata de ver cómo le afectan las restricciones habitualmente impuestas al marco institucional en el que se desarrolla el análisis teórico económico. La controversia más tradicional se centra en si los mercados perfectamente competitivos garantizan la eficiencia en la asignación de recursos para la innovación y el cambio técnico y, en caso contrario, cuál sería la estructura deseable. Dicho de otro modo, se trata de ver hasta qué punto el interés privado es compatible con el interés social en materia tecnológica. Pero por otro lado, también debemos fijarnos en el marco legal e institucional y en especial en la legislación en materia de defensa de la competencia, de patentes y propiedad intelectual e industrial y en la intervención del sector público financiando estas actividades, ya sea de forma directa o bien a través de los diversos tipos de ayudas a su financiación por las empresas privadas.

a) Estructura de mercado e innovación.

Desde que en la primera mitad del siglo XX Schumpeter resaltara la importancia de alcanzar un cierto poder de monopolio como incentivo para innovar, se ha ido desarrollando progresivamente un consenso acerca de la no deseabilidad de mercados perfectamente competitivos en materia de innovación y cambio tecnológico. Pero, incluso aceptando la superioridad de mercados en los que existe cierto poder de mercado, el debate se centra en el grado óptimo que debe alcanzar dicho poder. Dicho de otro modo, se

Universidad de Huelva 2009

trata de ver qué estructura de mercado es la que genera una mejor asignación de recursos para la innovación.

La atención a los efectos de la estructura de mercado, iniciada por Schumpeter, se centra especialmente en el tamaño de las empresas, la concentración y el poder de monopolio de que gozan las empresas. Al menos teóricamente, el mayor tamaño de las empresas les otorga ciertas ventajas respecto a las más pequeñas, aunque también conlleva ciertas limitaciones. Ello explica que las empresas innovadoras no crezcan indefinidamente y que algunas de las más grandes se comporten como imitadoras en vez de innovadoras. Podemos resumir estos efectos como sigue[334]:

Efectos positivos del tamaño sobre la innovación:

- Mejor adaptación a las imperfecciones del mercado de capitales. Por un lado porque genera una liquidez necesaria para autofinanciar la innovación y por otro porque tiene mayores capacidades de aseguramiento del riesgo que supone toda actividad de I+D.
- Existencia de economías de escala en la I+D.
- Los retornos (beneficios) para el innovador son mayores cuanto mayor es su volumen de ventas.
- Sinergias y complementariedades con otras funciones de la empresa distintas de la producción, como el márketing o la gestión.

[334] COHEN (1995), p. 185.

Universidad de Huelva 2009

- Diversificación de los usos de los resultados de la I+D ajenos a la actividad productiva principal.

Efectos negativos del tamaño sobre la innovación:

- Pérdida de eficiencia en las actividades de I+D.
- Dificultades de gestión y control de las actividades.
- Burocratización que desvía el quehacer de los científicos y tecnólogos.
- Reducción de los incentivos individuales al aumentar el tamaño de la unidad o departamento de I+D.
- Conservadurismo jerárquico, que puede frustrar ciertos proyectos novedosos.

Para ver si en general acaban predominando los efectos positivos sobre los negativos, parece necesario recurrir a la contrastación empírica. Son muy numerosos los trabajos que se han realizado en esta línea desde mediados del siglo XX, bajo muy diversas circunstancias, para diferentes países, sectores y productos y con diferentes especificaciones de las variables y parámetros a estimar. No es el objetivo de la presente Tesis una revisión detallada de dichos estudios. Además existen varias revisiones de gran valor y extensión ya realizadas[335]. Nos referiremos a continuación a los principales resultados que de ellas se desprenden.

[335] Destacamos especialmente SCHERER (1980), KAMIEN y SCHWARTZ (1982), que es la culminación de un trabajo más reducido publicado previamente en 1975, BALDWIN Y SCOTT (1987), COHEN y LEVIN (1989), COHEN (1995), GEROSKI (1995) y RICHARD (1998), pp. 23–39, entre otros.

Universidad de Huelva 2009

En general, los primeros estudios que se centraban en la relación existente entre tamaño–concentración y actividad innovadora, utilizaban medidas muy diversas y datos de diferentes espacios geográficos y temporales. Los resultados, no sólo no son concluyentes, sino que introducen una fuente más de controversia al ser marcadamente contradictorios. También se encuentran resultados contradictorios respecto a la relación entre tamaño–concentración y generación de innovaciones que incrementan la productividad. Además, en aquellos casos en que se encontraba relación positiva, la significatividad disminuía cuando se tomaban en consideración otras características de la empresa, distintas del tamaño pero relacionadas con él (liquidez, diversificación), de la industria (nivel de desagregación), de la tecnología (química, electrónica, mecánica o tradicional) y del producto, según fuese duradero o no y de consumo o de capital.

Ello lleva a concluir, por un lado, que las diferentes "oportunidades tecnológicas" tienen una gran influencia, que puede llegar a desvirtuar los teóricos efectos positivos del tamaño en determinadas industrias y para determinados productos o países[336]. Pero por otro lado, también indica que el tamaño no es positivo *per se*. La I+D tiende a crecer monótonamente con el tamaño de la empresa (de forma proporcional por lo general), el número de innovaciones tiende a crecer menos que proporcionalmente y la productividad a decrecer. La ventaja no se deriva por tanto del tamaño en sí, sino de las características a él asociadas, como la liquidez, una mayor apropiabilidad de los resultados de la innovación y un mayor potencial de

[336] KAMIEN y SCHWARTZ (1975), p. 22.

Universidad de Huelva 2009

crecimiento futuro como resultado de la innovación[337]. Visto de otro modo, el efecto del tamaño sobre la innovación es reducido. Las ventajas de las grandes empresas provienen no de su tamaño[338], sino de su mayor capacidad para distribuir los costes fijos entre un mayor volumen de producción, generar liquidez y diversificar y aprovechar mejor los resultados de la I+D[339].

Estos resultados llevan a plantearse algunas cuestiones[340]. En primer lugar, acerca de la menor eficiencia de las grandes empresas y la existencia de rendimientos decrecientes en la I+D. Pero también sugiere que pueden existir errores de medida al subestimar las actividades informales de I+D realizadas por las pequeñas empresas y un sesgo en las muestras, que tienden a incorporar todas las grandes empresas, mientras que de las pequeñas sólo consideran aquellas que efectivamente realizan I+D, y especialmente aquellas que lo hacen con éxito. Por otro lado, no debe perderse de vista que existe un sesgo de tamaño en las grandes empresas por dos motivos. El intento de especular y gestionar los resultados de la I+D para maximizar los retornos (beneficios) de ellas derivados las lleva desarrollar mecanismos que les permiten explotar al máximo las oportunidades de obtener retornos, pero que las presentan como menos activas en la generación de innovación. Junto a ello, en la medida en que consideren que el tamaño actual limita el crecimiento potencial derivado de

---

[337] COHEN (1995), pp. 190–191.

[338] Se rechaza así la tesis que GALBRAITH (1952) postulaba acerca de que había pasado la era de los pequeños inventores y se había entrado en otra en que los requerimientos de recursos económicos físicos y humanos es tan grande que sólo la gran empresa puede acometerlos.

[339] COHEN (1995), pp. 196–197.

[340] COHEN (1995), pp. 189–190.

Universidad de Huelva 2009

la innovación, habrá un sesgo hacia el aumento de tamaño con el objetivo de lograr un mayor crecimiento y beneficio.

Una interpretación alternativa sería la de complementariedad entre las grandes y las pequeñas empresas en materia de innovación, puesto que ambas juegan papeles importantes e interdependientes. Las grandes tienden a contribuir más a la innovación que requiere gran escala de I+D, producción o márketing. Las pequeñas se concentran en componentes y equipos especializados y sofisticados, y a menudo realizan verdaderamente grandes innovaciones cuando las grandes empresas abandonan la oportunidad de realizarlas previamente[341].

La otra gran relación existente entre estructura de mercado e innovación se deriva de la importancia del poder de mercado. Ya Schumpeter señaló, como hemos visto, que la posibilidad de lograr un poder de monopolio como resultado de la innovación constituía el principal incentivo para realizarla y que la competencia sistemática por desbancar los monopolios existentes y crear otros nuevos alimentaría tanto la innovación como el crecimiento económico. La importancia del poder de mercado y el monopolio para la innovación es máxima para Schumpeter.

Esta importancia puede entenderse en dos sentidos. Uno, más estrictamente schumpeteriano, indicaría que es la expectativa de una situación de monopolio potencial en el futuro la que estimula e incentiva la innovación. La otra sugiere que una estructura oligopolista *ex–ante* también favorece la innovación. Por un lado porque hace el comportamiento del rival más estable y predecible y reduce así la incertidumbre asociada a una

[341] Véase PAVITT y WALD (1971) para una presentación más detallada.

Universidad de Huelva 2009

rivalidad excesiva. De otro, porque permite que se generen y acumulen los recursos financieros internos necesarios para llevar a cabo la innovación.

La literatura empírica se ha centrado en el segundo de los sentidos, mientras que el primero ha sido sustituido por la apropiabilidad de los resultados de la innovación por parte del innovador[342]. Como se desprende de las revisiones de la literatura empírica[343], la mayor parte de los estudios han encontrado una relación positiva, tanto para los gastos de I+D como para el personal dedicado a dichas actividades. No obstante, su capacidad explicativa no es muy grande. Los resultados varían mucho según se consideren o no otros aspectos característicos de la industria, como la tecnología (química, electrónica, mecánica o tradicional) y las oportunidades a ella asociadas y el tipo de productos, duraderos o no, de consumo o de capital. Esto parece apuntar que los efectos de la concentración y el poder de mercado sobre la innovación son muy sensibles a otros aspectos como las oportunidades tecnológicas y la apropiabilidad de los resultados de la innovación por parte del innovador.

No obstante, se encuentran ciertas pautas generales. Así, tanto la inexistencia de barreras de entrada como la existencia de barreras muy poderosas suponen incentivos muy débiles para innovar. Por el contrario, las barreras moderadas suponen un poderoso incentivo. Además, la interdependencia estratégica en innovación es más fuerte entre las dos, tres o cuatro principales empresas de un mercado que entre el resto. Finalmente,

---

[342] COHEN (1995), p. 192.

[343] Véase especialmente SCHERER (1980), KAMIEN y SCHWARTZ (1982), BALDWIN Y SCOTT (1987), COHEN y LEVIN (1989), COHEN (1995), GEROSKI (1995) y RICHARD (1998), pp. 23–39, entre otros.

Universidad de Huelva 2009

la imitación se presenta como una alternativa preferible a la innovación si puede realizarse rápidamente y se dispone de una cuota de mercado previa considerable. Esto explica porqué las grandes empresas, con prestigio de marca, tienden a comportarse como seguidores, mientras que los oligopolistas más débiles adoptan una postura más activa.

Pero la relación entre innovación y estructura de mercado puede tener el sentido opuesto al que hasta ahora hemos considerado. Es decir, puede que sea la innovación la que determine la estructura de mercado y no al revés[344]. Esta idea es compatible con la existencia de tres tipos de gastos de I+D[345]. Unos ofensivos, para atacar el mercado de un rival o abrir uno nuevo. Otros defensivos, para reaccionar ante un ataque. Finalmente, otros protectores, para desarrollar una tecnología que no se comercializa a menos o hasta que el mercado de la empresa se vea amenazado por los rivales. Se crearía así una poderosa barrera de entrada.

La innovación puede afectar a la estructura de mercado fundamentalmente a través de dos elementos, la generación de economías de escala que favorecen el aumento de tamaño de las empresas y por tanto la concentración, y la erección de barreras de entrada que dificultan la incorporación al mercado de competidores potenciales y restringen la rivalidad a los competidores existentes.

---

[344] Ya PHILLIPS (1966) apuntó esta posibilidad para explicar la falta de capacidad explicativa de la estructura de mercado sobre la innovación

[345] La distinción es de FREEMAN, C. (1965): "Research and Development in Electronic Capital Goods". *National Institute Economic Review*, vol. 34, pp. 40–91. Citado en STONEMAN (1983), p. 44.

Universidad de Huelva 2009

La presunción de una tendencia a la generación de economías de escala y por tanto del incremento de la escala mínima eficiente de la empresa surge de una consideración del cambio tecnológico como *capital using*, es decir, materializado a través de la utilización de mayores niveles de factor capital. De los diversos estudios al respecto, no es posible extraer resultados concluyentes sobre cuál es la pauta respecto a la escala mínima eficiente de la planta. Sin embargo sí que parecen encontrarse al nivel de empresa, que engloba múltiples plantas. Ello refleja que los beneficios derivados del incremento en la escala son mayores que los costes inherentes a dicho incremento[346].

Las razones para que esto ocurra parecen ser varias. Mejoras en las técnicas de gestión y control que reducen los costes, especialmente gracias a las nuevas tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Economías de escala no sólo en la generación, sino también en la implementación de nuevas tecnologías[347]. Efectos de las imperfecciones en los mercados de capitales, que favorecen la concentración para hacer frente a las necesidades asociadas a la inversión en I+D. Efectos de la dependencia de fondos públicos, para los que las empresas con un cierto tamaño ofrecen una mayor garantía de cumplimiento de los proyectos y las directrices de la administración. Y, por último, el crecimiento y diversificación maximiza la capacidad de las empresas para internalizar y explotar los beneficios derivados de los gastos en I+D. Dicho de otro

[346] STONEMAN (1983), p. 239.

[347] La entrada requiere un determinado nivel de desarrollo y una capacidad de ingeniería para asimilar, imitar, usar y mejorar las innovaciones de otros, así como mantener un determinado volumen de gastos en I+D para mantener una posición de mercado defensiva. Ello se traduce en una expansión de la escala mínima eficiente.

Universidad de Huelva 2009

modo, la innovación favorece la diversificación de las actividades de la empresa[348]. En cualquier caso, la divergencia de resultados de la contrastación empírica parece indicar que el que se produzcan o no estos efectos y la intensidad con la que ocurren, depende en gran medida de las características de las industrias, de la tecnología, de los productos y del proceso de cambio tecnológico en cuestión[349].

Pero la innovación también puede afectar a la estructura de mercado en la medida en que genere barreras de entrada que protejan a los competidores existentes de la competencia potencial[350]. Los elementos que generan dichas barreras son muy variados: las necesidades de un volumen de capital inicial considerable para desarrollar las actividades de I+D, el riesgo y el coste de dichas actividades, el derecho de monopolio que otorgan las patentes[351] y el carácter acumulativo del conocimiento y el

---

[348] *Ibidem.*

[349] KAMIEN Y SCHWARTZ (1975), p. 12.

[350] El concepto de barrera de entrada debemos entenderlo aquí en su definición más amplia y general. Se trata por tanto de todo elemento que, bien permite obtener beneficios extraordinarios sin que ello incentive la entrada de los competidores potenciales, bien representa un mayor coste para dichos competidores potenciales que para las empresas establecidas.

[351] En este sentido no debemos olvidar que para HORSTMANN, MACDONALD y SLIVINSKI (1985) y ORDOVER (1991), entre otros, las patentes son un importante mecanismo de transmisión de información a terceras personas, ya sean consumidores o competidores, reales o potenciales. Además, la facilidad de copia y las imperfecciones en la definición de los derechos de propiedad juegan un papel crucial en la efectividad de las patentes como barrera de entrada.

Por otro lado, como señala GEROSKI (1995), pp. 101–103, la efectividad de las patentes varía mucho según la industria y el producto considerado. En general, en el sector industrial las patentes son efectivas para las innovaciones de proceso, no para las de producto. Sin embargo, en la industria farmacéutica (drogas "morales") y la química en general, las patentes tuvieron una gran efectividad. Parece por tanto que su efectividad depende de las características de determinadas tecnologías que las hacen más fáciles o difíciles de patentar, de la capacidad para "rodearlas" y de la tecnología básica empleada para desarrollar la patente.

Universidad de Huelva 2009

cambio técnico, que genera lo que podemos llamar "economías de aprendizaje"[352].

Así, las barreras provienen en los casos que estamos viendo de las características del propio proceso de innovación, como son la inversión inicial requerida, el riesgo y el coste asociados y su carácter acumulativo. Este último representa un coste que las empresas establecidas ya han soportado gradualmente mientras que las entrantes potenciales deben soportar de una vez en el momento de la entrada, lo que les supone una considerable desventaja en costes[353]. Pero las barreras también pueden formarse a partir del comportamiento estratégico de las empresas establecidas. En este sentido el "gasto protector" en I+D de que hablaba Freeman puede ser una barrera a la entrada equivalente al exceso de capacidad por el lado de la producción[354]. Por último, la posibilidad de crear barreras de entrada a través de las patentes dependerá de diversos elementos institucionales, entre los que destacan la correcta definición de los derechos de propiedad (industrial e intelectual), la disposición de un

---

[352] Esta es la idea del *learning by doing* introducido inicialmente por ARROW (1962), aunque el término "economía de aprendizaje" es más amplio y engloba toda ventaja en costes que se va generando a medida que se acumula el aprendizaje (formal e informal, consciente e inconsciente) y la experiencia.

[353] Su importancia dependerá de la magnitud de las economías derivadas del aprendizaje, que favorece a las instaladas, y de la rapidez de realización de las economías, que favorece a las entrantes y hace la barrera menos efectiva. También dependerá del lado en que se realicen las mencionadas economías de aprendizaje. Si éstas surgen del lado de los consumidores (y especialmente si además el progreso técnico es rápido), las barreras a la entrada serán muy poderosas en la medida en que la principal fuente de información de que disponen los consumidores es la identificación de la marca. Véase SCHMALENSE (1974) y CUBBIN (1981) para discusiones de la lealtad a la marca como barrera de entrada.

[354] Véase SPENCE (1977) para un análisis del exceso de capacidad como barrera de entrada.

Universidad de Huelva 2009

sistema jurídico–legal que los haga efectivos y la habilidad (o facilidad) de los rivales para "contornear" los límites de la patente.

Por supuesto, de cuanto acabamos de decir, se deriva que las posibilidades de establecer barreras de entrada tecnológicas varían extraordinariamente de unas industrias a otras. Los diversos estudios empíricos han encontrado[355] que estas barreras son mayores en las industrias aeronáutica, farmacéutica, la de los semiconductores y los fabricantes de bienes de capital con componentes electrónicos. En esta última además, el establecimiento de licencias cruzadas sobre patentes refuerza la barrera de entrada y protege a los oligopolistas establecidos de los competidores potenciales.

Una última forma en que la innovación puede afectar a la estructura de mercado deriva de los problemas de apropiabilidad asociados a la innovación[356]. Como respuesta, las empresas procuran desarrollar, por un lado, estrategias horizontales[357], a través marcas registradas y patentes para lograr cierto poder de monopolio en el uso de la innovación, así como mediante la generación de sistemas de cooperación entre empresas para desarrollar las actividades de innovación y financiar sus costes. Pero también desarrollan estrategias verticales[358], que les permitan la integración

---

[355] Véase especialmente SCHERER (1980), KAMIEN y SCHWARTZ (1982), BALDWIN Y SCOTT (1987), COHEN y LEVIN (1989), COHEN (1995), GEROSKI (1995) y RICHARD (1998), pp. 23–39, entre otras revisiones de la literatura empírica.

[356] Como más adelante veremos, existe un problema de apropiabilidad cuando los beneficios generados por la innovación son mayores que los que efectivamente alcanza (se apropia de ellos) el innovador. Es decir, cuando el innovador genera beneficios de los que se apropian terceros que no han soportado los costes de la innovación.

[357] Véase D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988) para un análisis detallado.

[358] Véase GEROSKI (1992) para un análisis detallado.

Universidad de Huelva 2009

con los proveedores de inputs especializados o con los clientes, usuarios y distribuidores. Ambas estrategias acaban afectando a la estructura de mercado.

Pero merece la pena detenernos algo en los aspectos más destacados de la cooperación, que es llevada a cabo en materia de I+D e innovación, pero que es compatible con la competencia en los demás aspectos, entre las mismas empresas. La cooperación surge como un mecanismo para superar los problemas de apropiación (se internalizan las transferencias involuntarias[359]), desbordamientos y duplicación del gasto, característicos del proceso de innovación, así como para beneficiarse y explotar conjuntamente las economías de escala que surgen en los procesos de I+D, especialmente entre pequeñas y medianas empresas[360], que pueden así explotar las economías de escala externas y ganar acceso a los servicios empresariales en igualdad de condiciones con las empresas de mayor tamaño[361].

Podemos concluir, por tanto, que los trabajos empíricos parecen indicar que la intensidad de I+D y la estructura de mercado son

---

[359] Véase JACQUEMIN (1990) para una justificación de este punto.

[360] Para DEI OTTATI (1994), p. 474, la disposición a cooperar es un elemento imprescindible para que pueda llevarse a cabo la innovación en distritos industriales en los que, debido a la división del trabajo entre empresas, tenga las características de un proceso colectivo. La cooperación se convierte así en un requisito para el dinamismo económico del distrito y para la competitividad de sus empresas.

Véase AGUADO (1999) para una extensión de estas conclusiones a una economía regional, con un valioso estudio empírico del caso de Andalucía.

[361] AGUADO, POMARES y PALMA (2000), pp. 2–3.

Universidad de Huelva 2009

determinadas conjuntamente por la tecnología, las características de la demanda, el marco institucional, la interacción estratégica y el azar[362].

b) Otros elementos institucionales.

Podemos afirmar que la principal diferencia de las inversiones en I+D del resto de inversiones de la empresa derivan de la existencia de un problema de apropiabilidad de los resultados de la inversión, en especial como consecuencia del carácter de bien público que tiene el conocimiento generado en las actividades innovadoras. Así, los beneficios obtenidos por el innovador no guardarán necesariamente relación con el éxito comercial de la innovación, lo que constituye un desincentivo para este tipo de inversiones[363].

Además, el conocimiento presenta las otras dos fuentes de fallos del mercado que señalaba Arrow[364]: indivisibilidad e incertidumbre. La indivisibilidad es obvia en las dotaciones (económicas, materiales y personales) necesarias para realizar actividades de I+D. Pero también existe por la naturaleza inherentemente discreta del conocimiento que resulta de dichas actividades. La incertidumbre se deriva, en primer lugar, de la llamada "incertidumbre tecnológica", que hace referencia a cómo generar el conocimiento y cómo utilizarlo adecuadamente para incorporarlo de manera efectiva al proceso productivo o generar un nuevo producto. A esta incertidumbre se le añade la que puede ser "riesgo moral", relacionada con

[362] SYMEONIDIS (1996).

[363] GEROSKI (1995), p. 91.

[364] ARROW (1963), y ARROW (1969), pp. 33–35.

Universidad de Huelva 2009

el grado en que un fallo o un fracaso se puede deber a la dificultad científica y tecnológica inherentes a un proyecto concreto de I+D o por el contrario es el resultado de una falta de esfuerzo de los individuos participantes en el proyecto.

El carácter de bien público genera dos tipos de problemas. Puesto que su uso no excluye a los demás, su venta (o difusión involuntaria) elimina todo monopolio de conocimiento. Una vez puesto en circulación desaparece toda escasez y por tanto todo poder de monopolio, a diferencia de lo que ocurre con un monopolista que vende bienes y servicios "ordinarios". Por otro lado, si la venta requiere información detallada del producto, una vez dada esa información previa a la venta ya no es necesario pagar por ella[365]. Esto hace que el sistema de definición y los mecanismos de protección de los derechos de propiedad jueguen un papel crucial en los incentivos para innovar.

Como reacción ante estos problemas, las empresas procurarán dos formas de solución. Una genera cambios en la estructura de mercado y ya la hemos discutido en el apartado anterior. Por otro lado, las empresas tenderán a desarrollar aquellas innovaciones que, por el carácter acumulativo del conocimiento y la presencia de economías de aprendizaje, requieran un elevado coste para obtener el conocimiento previo necesario para aprovechar la información transmitida en el proceso de venta[366]. Igualmente preferirán aquellas innovaciones de tipo incorporado en los

[365] Véase DAVIS (1977) para un estudio más detallado de esta cuestión.

[366] Se incrementan así los costes de transmisión de la información por parte del receptor. Los desincentivos para innovar surgen, pues, cuando los costes de transmisión son inexistentes o muy reducidos.

Universidad de Huelva 2009

bienes, puesto que los derechos de propiedad están más claramente definidos sobre los bienes materiales que sobre las ideas y el conocimiento[367].

Por otro lado, las leyes de defensa de la competencia constituyen otro elemento institucional que puede afectar los incentivos para la innovación. Ya hemos señalado en el apartado anterior que las actividades innovadoras pueden generar en determinados casos una concentración de empresas, la creación de estructuras de cooperación horizontal o bien la integración vertical, e incluso la diversificación de conglomerado para maximizar los beneficios derivados de la innovación. Muchas de estas acciones pueden entrar en conflicto con las mencionadas leyes antimonopolio[368]. De aquí su importancia como elemento institucional para la innovación y el hecho de que los acuerdos en materia de innovación constituyan excepciones a la aplicación de las mencionadas leyes[369].

---

[367] GEROSKI (1995), p. 93.

[368] "La innovación que ha tenido lugar es simplemente aquella que ha hecho posible un modelo particular de legislación positiva. Por ejemplo, la legislación sobre patentes crea la propiedad privada de ciertas clases de ideas y asegura a los individuos de los que estas provienen, un monopolio en la utilización materializada de las mismas. Sin esta ley, el mundo de los negocios acabaría ignorando estas ideas al no poder tener acceso a la propiedad de las mismas. Es decir, por muy importante que pueda parecer una nueva idea, ésta sólo podrá convertirse en propiedad mediante una determinada ley". PALMA (1997), p. 9, quien previamente había afirmado (*Ibidem*, p. 4) que "es necesaria la libertad económica como condición previa para la existencia del mercado; ahora bien, si no existe ningún tipo de limitación a esa libertad, las condiciones para innovar serán menos favorables que en el caso de que existan tales limitaciones", y más adelante (*Ibidem*, p. 16), que "el poder de mercado no implica una mejor capacitación técnica para loa empresa, pero le permite llevar a cabo sus planes de producción en una situación de soledad y le permite asimismo dedicar parte de sus recursos a innovación".

[369] Véase PALMA y CANTERO (1992), y PALMA (1997) para una discusión más detallada de estos aspectos, con especial referencia a las legislaciones española y de la Unión Europea.

Universidad de Huelva 2009

Un efecto puede ser las dificultades para la fusión de empresas tecnológicamente relacionadas, lo que reduce las posibilidades de apropiabilidad de los resultados de la innovación a menos que la empresa innovadora tenga la capacidad y el tamaño suficientes para explotar los usos "colaterales" de su innovación por sí misma.

Por otro lado, es posible que como fruto de la aplicación de las mencionadas leyes de defensa de la competencia se acaben generando oportunidades tecnológicas antes inexistentes. Así ocurrió, por ejemplo, cuando IBM, a causa de las presiones de las autoridades antimonopolio, optó por separar el suministro de software de la fabricación de hardware y pasó a usar software estándar (IBM compatible) a finales de la década de 1960. El resultado fue la generación de una oportunidad tecnológica para las empresas fabricantes de software independientes[370].

Además, en la medida en que se persigan los acuerdos de colaboración en I+D por parte de las empresas del mismo sector, se estará dificultando el establecimiento de mecanismos que permitan compartir los costes y la financiación de dichas actividades. Esto será un desincentivo para desarrollar aquellas innovaciones que generen grandes externalidades por ser fácilmente utilizables por las empresas rivales.

En cualquier caso, siempre es posible "bordear" las leyes de defensa de la competencia, centrando las actividades cooperativas en los mercados emergentes y abandonando a la competencia los mercados en fase de

[370] Véase MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 38–41, 155 y 162.

Universidad de Huelva 2009

madurez y declive. Además, es igualmente posible realizar un reparto del mercado a través de los sistemas de licencias sobre patentes[371].

Para concluir, nos centraremos en los efectos de la actuación de las administraciones públicas en sus diversos aspectos[372]. Por un lado, la estrategia militar ha jugado un papel crucial en el desarrollo de determinadas tecnologías, entre las que destacan las telecomunicaciones, los semiconductores, el transistor y la microelectrónica. Además, aunque con desfases temporales importantes, ha tenido importantes efectos desbordamiento tecnológicos y ha difundido su aplicación para usos civiles[373].

En segundo lugar, aspectos de la política nacional impidieron que Alemania desarrollase la petroquímica a pesar de ser el líder mundial en tecnología química a finales del siglo XIX. Mientras en Alemania se obligaba a realizar la producción de combustible y el caucho sintético a partir de los recursos naturales nacionales (sólidos), en los Estados Unidos se aprovechó el saber alemán en química orgánica industrial para

---

[371] MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 17–20.

[372] En MOWERY y ROSENBERG (1998) puede encontrarse un excelente análisis teórico e histórico, apoyado con una revisión de diversos análisis de casos, no sólo de los aspectos institucionales del cambio técnico, sino también de otros muchos, todos ellos estructurados en torno al carácter acumulativo y dependiente de la trayectoria que tiene el cambio tecnológico. Resumimos a continuación los aspectos más destacables de este estudio.

[373] MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 134–135.

En este sentido, mientras la estrategia militar norteamericana ha supuesto un impulso para estas industrias, la estrategia británica, mucho más secretista, que impedía todo tipo de desbordamiento y difusión de las aplicaciones a usos civiles, tiene buena parte de responsabilidad en el muy limitado desarrollo de la industria informática británica. MOWERY y ROSENBERG (1998), pp. 140–141.

Universidad de Huelva 2009

desarrollar la petroquímica, que realizaba la síntesis a partir de los fósiles líquidos, muy abundantes en su territorio[374].

De otro lado, una política comercial que establezca poderosas barreras arancelarias a la entrada de competidores extranjeros puede tener un doble efecto. Puede favorecer la innovación si permite que las empresas nacionales generen los recursos necesarios para acometer los programas de I+D necesarios para alcanzar la capacitación tecnológica suficiente para poder generar innovaciones y competir con los innovadores extranjeros. Pero también puede tener efectos negativos. Éstos surgen si los oligopolistas nacionales sucumben a la tentación de fijar sus objetivos en mantener y reforzar las barreras a la entrada que les permiten "disfrutar de una vida tranquila" en vez de mantener las inversiones en I+D para alimentar la innovación y con ella el proceso schumpeteriano de destrucción creadora.

Por último, el sector público puede tener una importante influencia por la vía del gasto. De un lado como consumidor de productos de I+D, especialmente en semiconductores y microinformática. De otro como agente que financia un volumen importante del conjunto de actividades de I+D nacionales[375]. En ambos casos tiene una gran capacidad para orientar la actividad innovadora, así como para crear y destruir oportunidades tecnológicas en diferentes sectores.

---

[374] STOKES, R. (1994): *Opting for Oil: The Political Economy of Technological Change in the West German Chemical Industry. 1945–1961*. Cambridge University Press. New York. Citado en MOWERY y ROSENBERG (1998), p. 73.

[375] Por lo general llega a financiar más del 60% de los países de la OCDE. En el capítulo 4 *estudiaremos estos aspectos con más detenimiento.*

Universidad de Huelva 2009

Podemos concluir, siguiendo a Molero[376] que "en este contexto, el papel de los factores económicos, sociales e institucionales es fundamental al provocar una concentración de esfuerzos en determinadas direcciones del desarrollo tecnológico, destacando la actividad del sector público. Siguiendo un análisis secuencial, el mercado tiene muy poca capacidad para discriminar en la fase de selección previa, por lo que hacen falta instituciones puente entre la ciencia pura y la I+D aplicada. Existen muchos elementos institucionales en el continuo proceso de selección, destacando el papel de los conflictos sociales".

[376] MOLERO (1990), p. 47.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 2. EL CONCEPTO Y LA MEDIDA DEL NIVEL TECNOLÓGICO.

2.1. INTRODUCCIÓN.

La preocupación por la disponibilidad de conocimientos tecnológicos en cantidad y en calidad suficiente puede justificarse por la estrecha relación que guardan con las posibilidades de crecimiento y desarrollo económico[1]. Por un lado, al menos inicialmente, cabe la posibilidad de considerar que la información tecnológica es un factor más de la producción, cuya demanda establecen los productores de manera que el valor del producto marginal iguale a su precio. En tal caso, los cambios autónomos en la demanda de bienes y servicios inducirían mayores demandas de tecnología, incrementando así la actividad inventiva y el cambio tecnológico[2].

Al margen de las reticencias sobre la posibilidad de incorporar (contratar) la información tecnológica de forma semejante al trabajo u otro factor de la producción, surge una objeción en cuanto a la relación entre actividad inventiva, nivel y cambio tecnológicos, por un lado, y demanda por otro. La demanda es una función que depende de diversos argumentos,

[1] Toda la obra de MOKYR (1990) constituye una extraordinaria discusión de estos aspectos. Destaca en especial el primer capítulo, pp. 17–33.

[2] MOKYR (1990), p. 192.

Universidad de Huelva 2009

uno de los cuales es la renta. No es por tanto una variable autónoma, sino que dependerá de aquellos factores que afecten, positiva o negativamente a la renta. El cambio tecnológico es uno de los principales factores que generaron el diferencial de riqueza de las economías europeas en las que tuvo lugar la llamada "revolución industrial" frente a todas las demás economías, aunque este diferencial venía forjándose desde la época medieval. Siendo esto así, "[aunque] los efectos de la demanda no son desdeñables, debe descartarse la idea de una simetría entre oferta y demanda en la producción de progreso tecnológico... [puesto que] la tecnología determinó la renta y no al revés"[3].

Cuanto acabamos de decir justifica las actividades deliberadas de las empresas para generar y/o adquirir tecnología, un factor más de su función de producción. Pero igualmente justifica las actuaciones por parte de los poderes públicos para generar tecnología, puesto que ello permite el crecimiento de la demanda y en última instancia el crecimiento y el desarrollo económico.

En un marco en que se considera que el cambio técnico juega un papel tan importante como el que acabamos de señalar, la medición de todas las actividades innovadoras así como del nivel tecnológico alcanzado se hacen fundamentales. Para realizar dicha medición vamos a presentar tres métodos, que estiman la variable inobservable que es el cambio tecnológico. El primero de ellos consiste en determinar el volumen de determinados inputs (I+D fundamentalmente) que, no siendo inputs convencionales, tienen claramente un efecto positivo sobre el cambio

[3] MOKYR (1990), pp. 193.

Universidad de Huelva 2009

tecnológico. El segundo mide la evolución y el nivel de la productividad (total o de un factor concreto, habitualmente el trabajo) y calcula sus factores determinantes, uno de los cuales es el cambio tecnológico. El tercero es un enfoque sistémico y se basa en la metodología input–output. Considera que el nivel tecnológico de un sector y sus posibilidades de innovar y realizar por tanto cambios tecnológicos no dependen exclusivamente de su propio esfuerzo investigador, sino también y en gran medida del realizado por las empresas y sectores que le suministran bienes y servicios intermedios, que son utilizados en su proceso productivo y por tanto incorporados en su output.

Aunque existían trabajos anteriores[4], la preocupación sistemática por la elaboración y perfeccionamiento de las estadísticas sobre la actividad científica e investigadora (centrada fundamentalmente en las actividades de I+D) es un fenómeno que nace con fuerza a principios de la década de 1960[5].

El desarrollo y perfeccionamiento de las estadísticas e indicadores para la ciencia y la tecnología han tenido tres fuentes. Una de ellas académica, iniciada por Bernal (1939) y continuada por Schmookler (1966) y por Freeman, quien tiene una extensa obra, parte de ella en el seno de la OCDE, y van Raan (1988), como autores más notables. No debemos olvidar las contribuciones de los grupos de investigación de Griliches y de Soete, estos más preocupados por las medidas de output del sistema de

[4] BERNAL (1939) hizo una estimación de los gastos del Reino Unido en actividades de investigación.

[5] PATEL y PAVITT (1995), p. 14.

Universidad de Huelva 2009

ciencia y tecnología, así como los de Mansfield y Scherer, éstos centrados en la difusión y los flujos de tecnología[6].

Una segunda fuente se encuentra en la iniciativa privada, fundamentalmente en los Estados Unidos, Gran Bretaña y Alemania, que por otro lado, constituyen la principal fuente de datos estadísticos sobre patentes[7]. Puede revestir tres formas. En primer lugar encontramos la financiación de estudios e investigaciones llevados a cabo por académicos[8]. Como segunda forma, están los artículos y otras publicaciones en revistas de contenido económico y de negocios[9]. Junto a ellas, la financiación de fundaciones e institutos cuyo objetivo se centra en la obtención de estadísticas sobre ciencia y tecnología[10].

La última fuente la constituyen los organismos internacionales y los expertos nacionales en materia de políticas científicas y tecnológicas. Con una vocación eminentemente práctica, han constituido la principal aportación al desarrollo de indicadores y estadísticas sobre la actividad científica e investigadora. Entre ellas destacan la OCDE y la UNESCO y al

---

[6] Aunque cuantos autores hemos citado son economistas, no debemos olvidar la que llamaremos "paradoja de Patel y Pavitt". Las mayores contribuciones en este campo se deben a disciplinas distintas a la economía, como la sociología o la bibliometría (*bibliometrics*) y vienen reflejadas en revistas como *Scientometrics* y *Research Policy*. PATEL y PAVITT (1995), p. 16.

[7] PATEL y PAVITT (1995), p. 15.

[8] Encontramos un ejemplo pionero en FREEMAN, SAUNDERS y EVELEY (1961): *Industrial Research in Manufacturing Industry*. Federation of British Industry. Londres.

[9] Los ejemplos más notorios son *Business Week* en los Estados Unidos y *The Independent* en Gran Bretaña.

[10] El prototipo lo constituye el *Institute for Scientific Information* (ISI), que publica regularmente el llamado *Science Watch*. En dicha publicación se recoge información mundial sobre diversos aspectos de la actividad científica y tecnológica, entre la que destacan de forma especial los datos sobre publicaciones científicas y citaciones.

Universidad de Huelva 2009

estudio de sus propuestas dedicamos el primer apartado de este capítulo. No obstante, surge en este momento una reflexión. Para que una estadística sea útil y significativa requiere un importante esfuerzo (económico y humano), vocación de mejora constante y sistematicidad en su elaboración y publicación. Quizá sean las organizaciones internacionales y los gobiernos nacionales los únicos agentes que dispongan de los recursos suficientes para llevar a cabo esta labor.

Pero no son éstas las únicas formas de medir el nivel y el cambio tecnológicos. Desde que en 1957 Solow definiese la tecnología como un argumento más de la función de producción, las variaciones en el output se consideran una medida del cambio tecnológico. En este sentido, Solow consideraba la tecnología como un factor residual. Es decir, aquellos incrementos que no podían explicarse por un aumento en la dotación de trabajo y/o de capital eran debidos al cambio tecnológico[11]. Así, para una dotación de factores dada, a mayor nivel tecnológico es de esperar un mayor incremento del output. Con este supuesto subyacente, las medidas de los cambios en la productividad (de un factor, trabajo especialmente, o multifactorial) son utilizadas como estimaciones del nivel y el cambio tecnológicos.

Por último, consideraremos unos indicadores que podemos llamar de utilización o consumo. Se trata de ver hasta qué punto se utilizan en una economía (o en un determinado sector) los bienes y servicios producidos por aquellos sectores que, de forma más intensa, incorporan en sus

[11] El cambio tecnológico puede identificarse así con el factor que provoca un desplazamiento hacia el origen de las isocuantas de la función de producción, sin afectar a la dotación de factores.

Universidad de Huelva 2009

procesos productivos innovaciones tecnológicas o bien producen bienes y servicios de alto contenido tecnológico. A estos sectores los llamaremos potencialmente innovadores. Son sectores que, bien por las características de los bienes y servicios que producen, por las de sus procesos de producción, por la tradición sectorial o bien por cualquier otro motivo, tienen una mayor propensión a investigar y desarrollar innovaciones o a incorporar las desarrolladas por otras empresas o sectores. El nivel en que se utilicen, en los procesos productivos o se consuman estos bienes y servicios, nos permitirá construir unos índices de contenido tecnológico que utilizaremos como aproximación al nivel y el cambio tecnológico alcanzados por una economía o un sector de la producción.

2.1. LAS MEDIDAS INTERNACIONALMENTE ACEPTADAS.

Parece por tanto que sean tres los agentes interesados en disponer de estadísticas sobre las actividades científicas y tecnológicas e innovadoras. Por un lado, estarían las empresas, para las que la tecnología afecta a su función de producción. Por otro, los responsables de la política económica, que buscan potenciar las posibilidades de crecimiento y desarrollo económicos. Finalmente, la comunidad académica, que estudia, analiza, explica y predice estos fenómenos.

En cuanto se refiere a los esfuerzos concretos por mejorar la medición de estas actividades, los principales impulsos han provenido del sector público. Pero no de los responsables de la política económica sino de los

Universidad de Huelva 2009

encargados de la ejecución y el control de las políticas científicas y tecnológicas, preocupados por su comparabilidad internacional[12].

En las economías occidentales esta preocupación ha venido alentada por organizaciones transnacionales como son la UNESCO y la OCDE y en nuestro entorno más próximo inicialmente la CEE, posteriormente Unión Europea. Junto a ellas, cabe destacar la labor de organismos nacionales entre los que destacamos la *National Science Foundation* (NSF) en los Estados Unidos y el *Observatoire des Sciences et des Techniques* (OST) en Francia, como ejemplos más notables.

El objetivo fundamental fue inicialmente el establecimiento de unas recomendaciones sobre la recogida de datos y la elaboración de series estadísticas. Se pretendía así homogeneizar los datos disponibles y resolver los problemas de comparación entre países con diferentes modelos institucionales y distintas tradiciones en materia de enseñanza e investigación[13]. El resultado final fue la elaboración de unas directrices detalladas y minuciosas sobre las actividades a incluir y aquellas otras que debían excluirse de las estadísticas, así como sobre prácticas correctas en la recogida de datos y elaboración de las mencionadas estadísticas. Todas estas directrices fueron compendiadas por la OCDE en el *Manual de Frascat 198i*[14], editado en su versión definitiva tras cuatro revisiones en

---

[12] PATEL y PAVITT (1995), p. 15.

[13] "Les problèmes de comparaison de données de R–D rassemblées dans divers pays dont les modèles institutionnels et les traditions en matière d'enseignement et de recherche sont différents...". *OCDE/OECD* (1981), p. 148.

[14] El título completo es: *La medida de las actividades científicas y técnicas. Metodología tipo propuesta para las estadísticas sobre la Investigación y el Desarrollo experimental. "Manual de Frascati" 1980.*

Universidad de Huelva 2009

1981, pero que es objeto de evaluación continua por parte del Grupo de Expertos Nacionales sobre Indicadores de la Ciencia y la Tecnología (GENIST), que mantiene reuniones anuales así como seminarios sobre problemas específicos[15].

2.1.1. Una breve reseña histórica.

A medida que se fue consagrando cada vez una proporción mayor de los recursos nacionales a las actividades que hemos llamado de I+D, se fue constatando la necesidad de recoger datos estadísticos. Inicialmente se desarrollaron sólo en el reducido grupo de países compuesto por Estados Unidos, Japón, Gran Bretaña, Canadá, Holanda y Francia, y se extendieron a la mayor parte de los países miembros de la OCDE a principios de la década de 1960[16]. En esta extensión tuvo mucha importancia el impulso proporcionado por las organizaciones internacionales, especialmente la OCDE, pero también otras como la UNESCO y la entonces CEE.

Inicialmente se centraron en las medidas del principal input en la actividad innovadora, la I+D, que constituye la medida más depurada y desarrollada. Pero posteriormente, tanto por las demandas de investigadores y responsables de la política científica como por iniciativa propia de la OCDE y de la UNESCO, se desarrollaron también estudios y

[15] Como resultado de esta actividad de revisión, en 1989 se le unió al *Manual de Frascati 1980* un suplemento sobre las "*Estadísticas de I+D y medición de los resultados en la enseñanza superior*". Ambos definen el compendio de actividades y prácticas internacionalmente aceptadas ("homologadas", si se nos acepta el término) en materia de estadísticas sobre I+D. Igualmente fruto de esta constante revisión es la actualización completa del Manual en 1994.

[16] OCDE/OECD (1981), p. 143.

Universidad de Huelva 2009

documentos diversos sobre las medidas de output de la actividad innovadora, entendido como un flujo de información y de innovación, cuya característica diferencial respecto a cualquier otra corriente informativa es su novedad[17]. No obstante, la medición a través tanto de la Balanza de Pagos Tecnológicos (BPT) como de las patentes y la bibliometría, se encuentran en estadios mucho menos desarrollados, y por tanto más imprecisos, que la medida de la I+D.

a) Los trabajos de la OCDE para medir el input.

En el propio *Manual de Frascati* encontramos una breve reseña histórica de sus orígenes, a la que dedica el primero de los anexos de que consta[18]. Fueron las dificultades en las comparaciones de las cifras de los diferentes países las que impulsaron en 1957 a la Agencia Europea de Productividad, de la por entonces OECE, a organizar reuniones entre los expertos nacionales con el objetivo de discutir los problemas metodológicos concernientes a las estadísticas de investigación y desarrollo experimental. Como resultado de estas reuniones y bajo los auspicios del Comité de Investigación Aplicada, se creó un grupo *ad-hoc* de expertos cuyo objetivo era estudiar la metodología de encuestación y elaboración de estadísticas sobre este tipo de gastos.

El primer producto de este grupo fueron dos estudios detallados, uno sobre los conceptos y definiciones y otro sobre la metodología empleada para medir los gastos estatales en I+D. Aplicados inicialmente en Gran

[17] UNESCO (1970), pp. 334–335.

[18] OCDE/OECD (1981), pp. 143–151. y OCDE/OECD (1994a), pp. 127-132.

Universidad de Huelva 2009

Bretaña y en Francia, luego se añadieron los referidos a Estados Unidos y Canadá. Además, se desarrollaron, por parte de otros miembros del grupo, notas descriptivas en las que se presentaban la metodología empleada en sus respectivos países así como los resultados obtenidos al aplicar la metodología común. Todos ellos se referían a datos de 1962.

El bienio 1962–1963 fue de especial importancia para avanzar de las recomendaciones hacia las proposiciones precisas de normalización[19]. Por un lado se decidió convocar una Conferencia en Frascati (Italia) para estudiar los problemas técnicos existentes para la medición de la I+D. Para preparar esta reunión se encargó la elaboración de un proyecto de normalización a C. Freeman, que se remitió a los países miembros en otoño de 1962[20]. Elaborado a partir de las experiencias previas acumuladas por el grupo de expertos, el proyecto fue discutido, revisado y finalmente adoptado por los expertos de los países Miembros de la OCDE en la mencionada conferencia en junio de 1963[21]. Es el nacimiento de la primera edición del *Manual de Frascati*, cuyas recomendaciones fueron adoptadas en la práctica en 1964 por los países miembros.

Por otro lado, en 1963 también se inició, a modo experimental, una comparación de las actividades de I+D en Europa Occidental, Estados

---

[19] No son ajenos a este avance cualitativo los cambios organizativos e incluso nominativos acaecidos en el seno de la OCDE a partir de 1961. En cuanto se refiere a la normalización y homogeneización de las estadísticas sobre I+D, destaca la Dirección de Asuntos Científicos (DAS), que tomó el relevo de la Agencia Europea de Productividad.

[20] OCDE/OECD (1962): *La mesure des activités scientifiques et techniques: Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement*. DAS/PD/62.47. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

[21] "La Méthode type proposée pour les enquêtes... fut discutée, révisée et finalement adoptée par les experts des pays Membres de l'OCDE à la Conférence de Frascati, Italie, au mois de juin

Universidad de Huelva 2009

Unidos y la entonces Unión Soviética[22]. Este estudio se hizo con los datos de 1962, previos por tanto a la normalización salida de la conferencia de Frascati, por lo que sólo sirvió para contrastar el primer proyecto inicial sobre las definiciones de I+D. La conclusión lógica del informe con que concluyó el proyecto no podía ser otra que la existencia de importantes deficiencias en las estadísticas al uso en los países analizados. Es por ello que en el informe se incluían además una serie de mejoras a realizar en la elaboración de las estadísticas, que se estructuraban en torno a cinco líneas fundamentales: 1) Una separación rigurosa entre las actividades de I+D y las actividades científicas conexas[23]. 2) Necesidad de determinación precisa de la proporción de tiempo dedicada a la investigación por docentes y estudiantes con una primera titulación en el sector de enseñanza superior[24]. 3) Aclaración suficientemente detallada del personal de investigación y de los datos financieros para poder calcular de forma más precisa los costes y tipos de cambio de la investigación. 4) Medición sistemática de las transferencias monetarias entre los distintos sectores de la I+D[25]. 5) Y por

---

1963". OCDE/OECD (1981), p. 144.

[22] El estudio fue encargado al Instituto Nacional para la Investigación Económica y Social de Gran Bretaña. Los países europeos considerados fueron Bélgica, Francia, Alemania (RFA), Holanda y Gran Bretaña. Fue publicado finalmente por la OCDE en 1965, bajo la dirección de C. FREEMAN y A. YOUNG.

[23] Como resultado, en el Capítulo II del *Manual de Frascati*, dedicado a las definiciones y convenciones de base, apenas se dedica una página a la definición de la I+D, mientras que se dedican catorce a describir las actividades excluidas y los casos límite. OCDE/OECD (1981), p. 30 y pp. 31–44, respectivamente y OCDE/OECD (1994a), p. 29 y pp. 29 –46 respectivamente.

[24] Esta recomendación acabó dando lugar a un suplemento monográfico al *Manual de Frascati* dedicado a la enseñanza superior, publicado en 1989. En la edición de 1993, publicada en 1994, estos aspectos han quedado integrados en el capítulo 5, en que se trata la medición del personal dedicado a la I+D. Por otro lado, en el *Manual de Camberra*, se estudian de forma específica la medida y cuantificación de los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología.

[25] Recordemos que estos sectores son: empresas privadas, Estado (Administraciones Públicas en el caso de un sistema descentralizado como el español), instituciones privadas (y

Universidad de Huelva 2009

último, necesidad de disponer de datos abundantes sobre los flujos de pagos tecnológicos y los movimientos migratorios del personal científico y técnico entre países.

La normalización y estandarización de las estadísticas de I+D, acordada en la Conferencia de Frascati, no fueron adoptadas en la práctica por los países miembros hasta 1964. Diecisiete de ellos enviaron a la Dirección de Asuntos Científicos los datos correspondientes a sus países, de acuerdo con la normalización del *Manual de Frascati*, unos referidos a 1963 y otros a 1964. Con todos ellos, la Dirección de Asuntos Científicos publicó el primer Anuario Estadístico Internacional (ASI) sobre la Investigación y el Desarrollo experimental[26], compuesto por dos volúmenes, uno, publicado en 1967, sobre la magnitud y estructura del esfuerzo global en I+D de los países miembros[27] y otro, publicado en 1968, que contenía los cuadros estadísticos y las notas explicativas[28].

En el transcurso de las distintas etapas del proceso de elaboración y publicación del mencionado anuario fueron haciéndose patentes numerosas dificultades que no habían sido previstas en el Manual. Como resultado no sólo de las dificultades constatadas sino también de las decisiones adoptadas para solventarlas, se fue acumulando una valiosa experiencia que, junto con las sugerencias procedentes de los expertos encargados de

---

semipúblicas) sin fines de lucro (IPSFL), enseñanza superior y sector extranjero.

[26] Este ASI se convirtió en una publicación periódica de carácter bienal y difusión restringida.

[27] OCDE/OECD (1967).

[28] OCDE/OECD (1968).

Universidad de Huelva 2009

realizar las encuestas en los países Miembros y la experiencia previa, aconsejaban una revisión del Manual.

Además, con una hipotética revisión, se abría no sólo la posibilidad de recabar las sugerencias de los países miembros, sino también la de adaptar el Manual, de forma que se hiciese lo más compatible posible con otras clasificaciones internacionales de Naciones Unidas, en especial el Sistema de Contabilidad Nacional (SCN) y la Clasificación Internacional Tipo por Industrias (ISIC)[29]. Tras ser examinado por un reducido grupo de expertos, el proyecto modificado fue publicado como versión revisada del *Manual de Frascati* en septiembre de 1970[30].

Con las sucesivas publicaciones bienales de los Anuarios sobre I+D, la exactitud y la comparabilidad de las estadísticas, así como las técnicas de encuestación, se habían mejorado notablemente. Logrado este objetivo, el Comité de Política Científica y Tecnológica (CSTP) de la OCDE se centró en la forma de lograr el mejor aprovechamiento a corto plazo de los recursos limitados de que disponía la OCDE para las estadísticas de I+D, de manera que se tuviesen en cuenta las prioridades de los países miembros. En 1972 se creó un grupo *ad hoc* de expertos presidido por C. SILVER. La tercera revisión del *Manual de Frascati* estaba en marcha.

Tras recabar información de las prioridades de los países miembros se obtuvo una serie de constataciones, a tener en cuenta en la revisión. Por un

---

[29] Finalmente, el Manual de Frascati utiliza en la medida de lo posible, además de las dos clasificaciones arriba indicadas, la Clasificación Internacional Tipo de las Profesiones (CITP) y la Clasificación Internacional Tipo de la Educación (CITE), ambas también de Naciones Unidas.

[30] OCDE/OECD (1970).

Universidad de Huelva 2009

lado, una serie de recomendaciones metodológicas, por otro, la necesidad de intensificar los contactos y la colaboración con otras organizaciones internacionales en esta materia, y finalmente, la exigencia creciente de parte de los encargados de elaborar la política científica de extender la aplicación del Manual a las Ciencias Sociales y Humanas. Además, el grupo recomendó una publicación más rápida de los datos que conllevó una modificación de la forma de presentación de los resultados[31]. El texto de esta tercera versión del manual fue discutido en una reunión del grupo de expertos celebrada en diciembre de 1973 y el texto definitivo aprobado en diciembre de 1974 y publicado en 1976[32].

Con estas revisiones, el Manual estaba muy perfeccionado desde el punto de vista de los productores de estadísticas de I+D. No obstante, su redacción y la presentación lo hacían difícilmente accesible a usuarios no expertos en la materia. Faltaba por tanto una adaptación a las necesidades de los usuarios. Con tal objetivo se llevó a cabo la cuarta revisión, que no se centró en los conceptos ni en las claves de clasificación, sino en aquellos aspectos que acercaban el Manual tanto a sus usuarios reales como a los potenciales.

Una de las primeras demandas de los usuarios provenía del Secretariado de la propia OCDE. Con el paso de los años, la Unidad para

[31] La presentación de 1967 a 1973 por sectores (cuatro volúmenes) y un volumen suplementario con los datos conjuntos imposibilitaba la elaboración de las estadísticas hasta que se habían recibido los datos de todos los países. A partir de 1975, los datos se publican por países y en el volumen de cada país se incluye una sección recapitulativa de los datos internacionales disponibles. Una vez recibida la respuesta de todos los países participantes se edita un volumen internacional recapitulativo. OCDE/OECD (1981), p. 146.

[32] OCDE/OECD (1976).

Universidad de Huelva 2009

los Indicadores de la Ciencia y la Tecnología (UIST) de la Dirección para la Ciencia, la Tecnología y la Industria (DSTI) se había convertido en uno de los principales consumidores de sus propios productos estadísticos, que utilizaba para realizar estudios analíticos[33].

En la realización de dos de estos estudios se detectaron varios problemas de comparabilidad internacional. En uno de ellos en cuanto se refiere a la clasificación industrial y al desarrollo de deflactores y tipos de cambio de la I+D[34]. En otro, se puso de manifiesto la necesidad de aclarar ciertos puntos metodológicos del Manual, en especial en cuanto se refiere a la enseñanza superior. Estos últimos aspectos fueron detectados en el transcurso de un intento de comparación internacional de las tendencias de la I+D universitaria y de los esfuerzos nacionales de investigación fundamental, que la UIST realizaba en el marco de una contribución a las actividades generales de la DSTI[35].

Para atender a estas demandas, junto con las sugerencias de los expertos nacionales en materia de estadísticas de I+D y las necesidades de los usuarios potenciales[36] de dichas estadísticas, se creó un grupo de expertos en 1979. Incorporando las sugerencias del Secretariado, de los

---

[33] Estos estudios eran a título independiente en unas ocasiones y en el marco de proyectos más amplios de la OCDE en otras. De entre ellos señalamos OCDE/OECD (1975a y 1975b) como los más destacados.

[34] OCDE/OECD (1979).

[35] OCDE/OECD (1981), p. 147.

[36] Entre estos se encuentran quienes realicen análisis socio-económicos a partir de las estadísticas de I+D. Para estudiar estas necesidades se creó un grupo *ad hoc* de expertos en 1976. Sus recomendaciones fueron coincidentes con las del grupo previo, aunque demandaban adicionalmente el desarrollo de indicadores de output. Entre estos indicadores se encuentran las correlaciones entre la I+D y los índices de productividad, el análisis de la balanza de pagos tecnológicos, las correlaciones entre la I+D y el comercio exterior y los datos de patentes.

Universidad de Huelva 2009

expertos nacionales y del grupo *ad hoc* de 1976, se elaboró un texto revisado del *Manual de Frascati 1980*, que fue definitivamente adoptado en otoño de 1980 y publicado en 1981. Este Manual se centra exclusivamente en las actividades de I+D y en las necesidades de los países Miembros de la OCDE[37].

Quizá la mayor debilidad de este Manual se encontraba en el tratamiento de la enseñanza superior. Por un lado, como ya hemos señalado, pretendía adaptarse y homogeneizarse con todos los estándares internacionalmente aceptados, en especial el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) de Naciones Unidas. Por otro, atendiendo al especial papel jugado por las Universidades y otros centros de enseñanza superior, en las estadísticas sobre actividades de I+D se las ha considerado tradicionalmente como un sector más, junto a las empresas, las administraciones públicas y las IPSFL. Sin embargo, el SCN no recoge al sector de la enseñanza superior bajo una rúbrica independiente y por lo que la recogida de datos y elaboración de estadísticas se enfrentan a un problema de indefinición en cuantos aspectos se vean influenciados por este sector.

Las principales dificultades a solventar se derivan de la dedicación conjunta (y en muchas ocasiones simultanea) de la Universidad tanto a la

---

[37] "...le Manuel de Frascati correspond aux recommandations de l'UNESCO relatives à toutes les activités scientifiques et technologiques, mais il est spécifique à la R+D et aux besoins des pays Membres de l'OCDE qui possèdent des systèmes scientifiques et économiques assez proches, ce que les distingue des pays non-Membres...

La R+D est une activité liée à des nombreuses autres activités scientifiques et technologiques. Bien que ces autres activités soient souvent très étroitement liées à la R–D... elles doivent être exclues de la R+D". OCDE/OECD (1981), pp. 15–16. Nos remitimos a UNESCO (1980) para una descripción de las distintas actividades científicas y tecnológicas consideradas por esta

Universidad de Huelva 2009

docencia (excluida de las actividades de I+D) como a la investigación. Bajo estas circunstancias se hace necesario establecer con claridad que proporción del personal (tiempo de trabajo) y de los gastos e inversiones de los centros de enseñanza superior debe considerarse que forma parte de la I+D, y cual no. Con el objeto de solventar esta deficiencia se puso en marcha un seminario del Grupo de Expertos Nacionales sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología (ENIST) en 1985 que abordase el tema, en especial en cuanto se refería a cuestiones prácticas para la recogida de datos y elaboración de estadísticas. El resultado fue un suplemento, cuyo primer borrador se discutió en diciembre de 1986 y fue finalmente aprobado en 1987 y publicado en 1989, dedicado específicamente a las estadísticas de I+D y la medición de los resultados en la enseñanza superior[38]. Gran parte de las recomendaciones de este suplemento han sido integradas en la quinta edición, de 1993 del Manual de Frascati, a pesar de lo cual sigue manteniendo su vigencia[39].

Aunque el grueso del Manual sigue siendo válido, a medida que fueron evolucionando los sistemas de ciencia y tecnología así como su percepción y comprensión por parte de la sociedad, se fue poniendo de manifiesto la necesidad de corregir determinados aspectos. En especial se trata de integrar la I+D en materia medioambiental, la integración y coordinación de las estadísticas de I+D con otras económicas e industriales, la mejora continua de la homogeneización y la estandarización

---

institución.

[38] OCDE/OECD (1989).

[39] "This supplement remains valid although many of its recommendations have been integrated into the fifth chapter of the Manual". OCDE/OECD (1994a), p. 129.

Universidad de Huelva 2009

internacionales y, especialmente, las consecuencias derivadas de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. En esta línea la investigación y desarrollo de paquetes informáticos (software), y los efectos de la internacionalización o globalización ocupan un puesto preeminente.

En otoño de 1991 se organizó un seminario del Grupo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología a la que acudieron representantes de la Unión Europea, los países de la Europa del Este y la antigua Unión soviética, la UNESCO e Indonesia, además de la OCDE. El resultado fue un borrador que fue aprobado en 1993 con el nombre de Manual de Frascati 1993[40]

b) La labor de otras organizaciones internacionales.

Los esfuerzos en materia de la elaboración de estadísticas sobre las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico llevadas a cabo por otras organizaciones internacionales son más tardíos que los realizados por la OCDE. Entre ellos destacan los de la UNESCO, que se remontan a 1965. A partir de esta fecha su División de Estadísticas relativas a las Ciencias y la Tecnología inició la construcción de un programa que permitiese recoger, analizar, estandarizar y publicar los datos relativos a la ciencia y la tecnología en el mayor número de países, de

[40] OCDE/OECD (1994a): *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Practice for Surveys of Research an Experimental Development. Frascati Manual 1993*. Paris.

Universidad de Huelva 2009

forma que se logre el máximo grado posible de comparabilidad internacional[41].

El procedimiento para definir las normas metodológicas de encuestación fue semejante al utilizado por la OCDE. Tras reuniones de grupos de expertos nacionales de diversos continentes, se confeccionó un cuestionario experimental, que fue enviado a los Estados Miembros en 1966. A partir de los datos recogidos en las respuestas a este cuestionario tuvieron lugar una serie de discusiones y debates en el transcurso de las misiones y reuniones organizadas al efecto por la UNESCO. Como resultado se publicó una guía (provisional) para la elaboración de estadísticas de ciencia[42] y un manual con normas para realizar un inventario del potencial científico y tecnológico existente en cada país[43].

Como resultados prácticos, se inició en 1969 una serie de encuestas periódicas estandarizadas sobre ciencia y tecnología. Estas encuestas estaban estructuradas en dos tipos. Uno anual, en el que se recogían sólo los principales indicadores. El otro bienal, en el que se incluía información y datos detallados, así como aquellos aspectos específicos que puedan tener algún interés particular. Estos datos se incluyen en el Anuario de Naciones Unidas a partir de 1973.

A la luz de la experiencia acumulada, se acabó publicando una guía con instrucciones precisas para la recogida de datos y la elaboración de

---

[41] Nótese la diferencia en cuanto al ámbito de actuación, por cuanto el *Manual de Frascati* se circunscribe a los países Miembros de la OCDE y las recomendaciones que más adelante veremos de la CEE (posteriormente UE) a los países que forman dicha Comunidad.

[42] UNESCO (1968).

[43] UNESCO (1969).

Universidad de Huelva 2009

estadísticas sobre las actividades científicas y tecnológicas[44]. Pero el objetivo de la UNESCO era conseguir unas normas internacionales susceptibles de ser aplicadas a todos los Estados Miembros, tanto si habían desarrollado "sistemas" avanzados en materia de estadísticas de I+D como si sus "sistemas estadísticos" estaban aún en las primeras etapas de su proceso de desarrollo.

A tal efecto, a la vez que se elaboraban las estadísticas antes mencionadas, se realizaron estudios metodológicos a partir de 1975, auspiciados por el Secretariado de la UNESCO, con la ayuda de expertos nacionales de todo el mundo y de especialistas externos. Los resultados se concretaron en un proyecto de recomendaciones de normalización de las estadísticas sobre ciencia y tecnología, que fue estudiado en una reunión de expertos gubernamentales y finalmente adoptado en la vigésima sesión de la Conferencia General de la UNESCO en 1978[45]. Esta normalización se planteó en dos etapas. La primera de ellas, estimada en un mínimo de cinco años, se centraría exclusivamente en las actividades de I+D. La segunda, debía extender la normalización a las estadísticas sobre los servicios científicos y tecnológicos (SST) y sobre la enseñanza y la formación en ciencia y tecnología (EFST), correspondiente ésta, de forma aproximada, con los estudios de tercer ciclo.

Finalmente, la UNESCO publicó un manual en el que se contenían todas estas normas internacionales, con el objetivo de que los Estados Miembros las aplicasen y contribuyesen así a mejorar la calidad y la

[44] UNESCO (1977).

[45] UNESCO (1978).

Universidad de Huelva 2009

comparabilidad de las estadísticas internacionales. En aras de alcanzar este último objetivo, el Manual al que nos referimos se elaboró teniendo en cuenta la experiencia acumulada por otras organizaciones internacionales, entre las que destaca la OCDE[46]. Una versión revisada apareció cuatro años más tarde[47], junto con recomendaciones sobre la recogida de datos relativos a los servicios científicos y tecnológicos[48] y sobre la documentación e información científica y tecnológica[49].

Los trabajos en el seno de la entonces CEE son aún más tardíos y con un componente marcadamente financiero. Tenemos que esperar a mediada la década de 1970 para que se publique un *nomenclátor* para analizar y comparar las cantidades que los Estados Miembros consignan en los presupuestos nacionales y destinan a las actividades científicas[50] y un análisis de los potenciales de investigación y desarrollo de los Estados Miembros[51].

En el terreno práctico, el Comité para la Investigación Científica y Técnica (CREST) elabora un informe anual en el que se trabaja en dos direcciones. Por un lado se recogen datos de la financiación pública de la I+D en los Estados Miembros y de los créditos, subvenciones y transferencias concedidos por las Instituciones Comunitarias desde 1975

[46] UNESCO (1980).

[47] UNESCO (1984a).

[48] UNESCO (1984c).

[49] UNESCO (1984b).

[50] EUROSTAT (1975), que ha sido revisado posteriormente en 1986 y 1995.

[51] CREST (1979).

Universidad de Huelva 2009

para la I+D estatal y extendida a los demás sectores a partir de 1979. Por otro, se elaboran indicadores de la I+D a partir de los datos de la OCDE y se redacta un informe sobre el análisis realizado. Estos informes constituyen una importante serie cronológica de datos comparables para todos los países miembros.

La aportación más reciente desde la Unión Europea ha sido su colaboración con la OCDE para la elaboración de la segunda edición del Manual de Oslo[52]. Esta colaboración se enmarca dentro de la tendencia hacia la armonización en cuanto se refiere a la recogida, elaboración e interpretación de datos estadísticos sobre actividades de innovación tecnológica[53]. El objetivo es facilitar la comparabilidad ente los datos de los países miembros, poder analizar sus resultados y extraer así conclusiones que puedan orientar las políticas a adoptar[54] en esta materia y en aquellas que le sean conexas. El *Manual de Oslo* se inscribe así como un compendio de la familia del *Manual de Frascati*, a la que pretende complementar en sus aspectos menos claros y se centra en los diversos prismas de la innovación[55].

---

[52] OCDE/OECD-EUROSTAT/UE (1996).

[53] "Ce manuel repose sur des points de une consensuels sur la demande d'indicateurs d'innovation, *ainsi que les besoins des décideurs politiques et la théorie économique qui la* sous-tendent, les définitions et la couverture de l'innovation ainsi que les enseignements à tirer des enquêtes précédentes". OCDE/OECD–EUROSTAT/UE (1996), p. 16.

[54] "Les besoins en informations des décideurs politiques et des analystes sont un élément capital à prendre en compte pour l'élaboration des indicateurs d'innovation". OCDE/OECD–EUROSTAT/UE (1996), p. 6.

[55] "*Chaque fois que cela est possible, le manuel se fonde sur les concepts et classifications* figurant dans d'autres volumes de la série de manuels de l'OCDE pour la mesure des activités scientifiques et technologiques.... Cette remarque s'applique tant spécialement à un certain

Universidad de Huelva 2009

Por último, en el ámbito más reducido de los países nórdicos se organizó, desde 1968 NORDFORSK (Organización Nórdica para la Cooperación en Investigación Aplicada), encargada de coordinar los trabajos de los países nórdicos en el área de las actividades de elaboración de estadísticas de I+D y otros aspectos de la innovación. En 1974 publicó un "Manual Nórdico" que desde la OCDE se considera un suplemento detallado del *Manual de Frascati*. Este manual se publicó en las diferentes lenguas nórdicas y sólo fue traducido al inglés parcialmente, precisamente aquellos capítulos que se decidió presentar para su discusión en reuniones de expertos en el seno de la OCDE. De forma semejante a los trabajos de la OCDE, en 1986 se publicó un suplemento dedicado a la enseñanza superior. Todos estos trabajos han sido integrados en el *Manual de Oslo*.

Queremos concluir destacando la vocación armonizadora que ha presidido la elaboración de los distintos Manuales de la "Familia de Frascati", que han contado con la colaboración y la opinión de las demás organizaciones internacionales, en especial la UE, la UNESCO y NORDFORSK desde fechas tempranas. Así se pone de manifiesto en los agradecimientos del propio *Manual de Frascati*[56] y también en el hecho de su aceptación generalizada[57]. La culminación es el *Manual de Oslo*.

---

nombre de questions supplémentaires sur la R–D et d'autres activités S–T (Science et technologie) recommandées d'inclure dans les enquêtes sur l'innovation...". OCDE/OECD–EUROSTAT/UE (1996), p. 14.

[56] OCDE/OECD (1981), pp. 150-151 y OCDE/OECD (1981), p. 132.

[57] De hecho la propia UNESCO hace suyas tanto las definiciones de I+D como las actividades excluidas y la frontera entre la I+D y las demás actividades científicas y tecnológicas, según se establece en la versión de 1963 del *Manual de Frascati*. UNESCO (1969), p. 327.

Universidad de Huelva 2009

c) Las medidas del output.

Con la publicación de las distintas ediciones del *Manual de Frascati* se inició una importante actividad conducente a la obtención de indicadores lo más precisos y fiables, que permitiesen medir de forma pertinente las distintas actividades que componen el proceso de innovación. Dicha actividad se inserta en el Programa Tecnología–Economía (PTE) de la Dirección para la Ciencia, la Tecnología y la Industria (DSTI) de la OCDE. Sus trabajos, se organizaron tanto a título individual y en reducidos grupos, como en seminarios específicos, en los que tienen una participación sustancial los expertos nacionales (investigadores, encargados de la elaboración de las estadísticas y responsables de las agencias gubernamentales) en la materia sobre la que trate cada seminario.

Como resultado de estos prolíficos trabajos ha surgido una serie de manuales, que contienen una serie de recomendaciones, tendentes a armonizar y homogeneizar, en el seno de la OCDE[58], la recogida de datos sobre actividades de investigación, ciencia y tecnología, su tratamiento estadístico y su interpretación, ya sea con fines de análisis económico, para el diseño y la evaluación de las políticas públicas o con cualquier otro objetivo. El conjunto de estos manuales forman la que ha dado en llamarse *Familia Frascati*, compuesta por el propio *Manual de Frascati*, sobre gastos y personal de I+D, el *Manual de Camberra*, sobre la medición de los

[58] Este el obviamente el objetivo de los trabajos de la propia OCDE. La UNESCO participa del objetivo mucho más ambicioso de extender esa armonización al conjunto más amplio posible de países. Este objetivo se presenta de extraordinaria dificultad, si no imposibilidad, tanto por las deficiencias estadísticas como por la escasa importancia y reducida relevancia de las actividades científicas, investigadoras y tecnológicas de los países en vías de desarrollo y especialmente en los del tercer mundo.

Universidad de Huelva 2009

recursos humanos consagrados a la ciencia y la tecnología, el *Manual de Oslo*, sobre la innovación tecnológica, el *Manual BPT* sobre la Balanza de Pagos Tecnológicos, el *Manual de Patentes*, relativo a los datos de patentes y un Documento de Trabajo sobre *Bibliometría e Indicadores Bibliométricos*.

Dentro de la *Familia Frascati* hay dos tipos de manuales. Por un lado, aquellos como el de *Frascati*, el de *BPT* o el de *Camberra*, orientados hacia los productores de datos sobre ciencia y tecnología, especialmente I+D. Estos manuales se centran en la definición de conceptos y los procedimientos para la recogida, tratamiento y elaboración de los datos. Por otro, aquellos como el de *Patentes* o el de *Oslo*, que están más orientados hacia los usuarios de las fuentes estadísticas y bases de datos disponibles como indicadores de ciencia y tecnología, en su mayor parte orientados hacia el lado del output de la actividad innovadora. Una característica destacable de todos ellos es la continuidad en la colaboración con las diferentes organizaciones internacionales, como ya habíamos destacado respecto al *Manual de Frascati* y al *Manual de Oslo*.

En su conjunto, todos ellos se enfrentan a la misma dificultad, que constituye su objetivo y su justificación en tanto que manuales. Se trata de encontrar una descripción de las actividades científicas y tecnológicas que no sólo sea cualitativa, sino también cuantitativa, de manera que los indicadores puedan ser utilizados en el seno de modelos económicos. Para ello, la principal dificultad deriva del hecho de que la ciencia y la

Universidad de Huelva 2009

tecnología sólo pueden medirse de forma indirecta, nunca directa, a través de indicadores de input, de output y de impacto[59].

La preocupación por las estadísticas sobre patentes surge inicialmente en la obra de Schmookler y en la de Scherer a mediados de los años 1960[60]. La UNESCO tomó conciencia de la necesidad de medir el output o producción del sistema de ciencia y tecnología desde finales de dicha década[61]. Para ello planteaba dos medidas fundamentales, los trabajos científicos publicados (lo que posteriormente se llamaría bibliometría) y las patentes, que, si bien no capturaban la totalidad del output, sí que al menos recogían una parte esencial[62].

Pero el interés de la OCDE por las estadísticas sobre patentes es más tardío y se remonta a finales de la década de 1970. Las primeras reuniones de trabajo importantes en esta línea se celebraron en 1978 y 1979 y culminaron en un seminario en 1980, en el que se buscaba un consenso entre los usuarios de los países miembros sobre los indicadores para medir los resultados de las actividades de I+D y de innovación.

Posteriormente, en junio de 1982 se celebró un nuevo seminario bajo el título "Patentes, invención e innovación" en el que se discutió la utilización de las estadísticas sobre patentes como instrumentos para la evaluación y análisis de las actividades de invención y de innovación. Los

---

[59] También conocidos como indicadores de recursos, de resultados y de impactos. OCDE/OECD (1994b)

[60] SCHMOOKLER (1966), obra en la que recoge los principales elementos de sus trabajos anteriores, iniciados con su Tesis Doctoral en 1951, y SCHERER (1965), respectivamente.

[61] UNESCO (1970).

[62] UNESCO (1970), p. 335.

Universidad de Huelva 2009

resultados obtenidos en dicho seminario fueron utilizados durante largo tiempo por los analistas y responsables políticos de los países miembros para la elaboración de estadísticas sobre patentes y su posterior empleo como instrumentos de análisis y decisión en política científica e industrial. Como fruto de la experiencia acumulada surgió el *Manual de Patentes*[63], con tres objetivos fundamentales[64]: armonización internacional de estas estadísticas; orientación sobre la manera de afrontar los problemas metodológicos para que las estadísticas sobre patentes puedan utilizarse exitosamente con fines de análisis económico, y potenciar la utilización de estos datos.

Como muestra de la colaboración con otras instituciones y organismos nacionales e internacionales, los agradecimientos del propio Manual son explícitos. Fue redactado por el *Observatoire des Sciences et des Techniques (OST)* de Francia, con la colaboración del CNR de Italia y el Fhg–ISI de Alemania. Además, contó con el asesoramiento y revisión de una versión preliminar por parte de la Oficina Americana de Patentes y Marcas (USPTO), la Oficina Japonesa de Patentes (JAPIO), la Oficina Europea de Patentes (EPO) y el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI) de Francia, en especial en cuanto les concernía.

El tratamiento de la bibliometría por la OCDE es la más reciente de todas las medidas de las actividades científicas y tecnológicas. Inicialmente

---

[63] Aunque en las distintas ediciones del *Manual de Frascati* se ha hecho mención a la medición del output de la I+D, inicialmente como anexos del manual, no ha sido hasta 1994 que se ha editado un manual específico para patentes, en 1990 el de la BPT y en 1997 un documento de trabajo con recomendaciones sobre la bibliometría. Para una revisión histórica más detallada puede verse OCDE/OECD (1994b), pp. 2–4 y 10–22.

[64] OCDE/OECD (1994b), p. 4.

Universidad de Huelva 2009

fue tratada en el suplemento de 1989 al *Manual de Frascati*, dedicado a los datos específicos en la enseñanza superior. Posteriormente ha sido objeto de un documento de trabajo en 1997[65] en el que se tratan profusamente tanto la definición del concepto de bibliometría[66] (término genérico para toda una gama de medidas y de indicadores específicos para la producción de la investigación científica y tecnológica bajo la forma de publicaciones, citas y referencias[67], cuyos orígenes están en 1923 en el término bibliografía estadística[68]), como las principales bases de datos bibliométricas, los principales indicadores y las principales revistas especializadas en bibliometría.

Aunque las primeras preocupaciones por lo que luego se llamaría "bibliografía estadística" y posteriormente "bibliometría" surgen en 1917[69],

---

[65] OKUBO (1997).

[66] Término inicialmente propuesto por PRITCHARD, J. (1969): "Statistical–Bibliography or bibliometrics?". *Journal of Documentation*, vol. 25, n °. 4, pp. 348–349. . Citado en OKUBO (1997), p. 10.

[67] OKUBO (1997), p. 10.

[68] HULME, E. W (1923): *Statistical Bibliography in Relation to the Growth of Modern Civilization*. Grafton. Londres. Citado en OKUBO (1997), p. 10.

[69] COLE, J.; EALES, N. B. (1917) "The History of Comparative Anatomy: A Statistical Analysis of the Literature". *Science Progress*, vol. 11, nº. 4, pp. 578–596. Citado en OKUBO (1997). Este artículo es el origen de lo que posteriormente se llamaría bibliografía estadística y finalmente bibliometría. No obstante, LÓPEZ PIÑERO (1973), p.8, señala que se encuentra un antecedente en la "Naukoznawstwo" como el campo de "medición de la ciencia", desarrollada en Polonia a finales del siglo XIX, pero que permaneció desconocida hasta que mucho más tarde, en 1969, fue plasmada en un libro por MALIMOV y MULCHENCO la llamada "Naukometrija" [OKUBO (1997), p. 13 se refiere al término "Nukométrica"]. Este hecho es compatible con la importante contribución de las Academias Nacionales de Ciencias de los países de Europa del Este (bajo la influencia de la entonces Unión Soviética) en los congresos internacionales sobre historia de la ciencia y en el desarrollo de esta disciplina [LÓPEZ PIÑERO (1972), pp. 12–14, LÓPEZ PIÑERO (1973), p. 8 y OKUBO (1997), p. 13].

Aunque la traducción inicial del término ruso al inglés fue "scientometrics" que en castellano nos forzaría a hablar de "cienciometría", progresivamente ha ido evolucionando hacia

Universidad de Huelva 2009

en el campo de la anatomía, no es hasta 1923, como ya hemos señalado, que surge el término bibliografía estadística[70]. Desde esta fecha y hasta 1969, las referencias a la bibliometría fueron muy reducidas y centradas en los campos de las ciencias biomédicas y químicas[71]. Hay que esperar hasta la década de 1970 para que se produzca una verdadera explosión de los estudios bibliométricos, gracias a la disponibilidad de recursos estadísticos y medios para la publicación de los resultados de dichos estudios. Por un lado, a partir del *Science Citation Index (SCI)*, creado por Eugene Garfield en 1963 como base de datos de los artículos científicos publicados anualmente en los Estados Unidos, para facilitar el acceso a ellos de los investigadores[72]. Por otro, a partir de la creación en el seno de la Academia de Ciencias Húngara de la revista *Scientometrics*[73], cuyo primer número

---

"bibliometría" ("bibliometrics" en inglés), como término mucho más preciso, que se refiere a la medición de una forma de producción científica frente al de "medición de la ciencia", cuya vaguedad es considerable.

[70] HULME, E. W (1923): *Statistical Bibliography in Relation to the Growth of Modern Civilization*. Grafton. Londres. Citado en OKUBO (1997), p. 10.

[71] De hecho, PRITCHARD (1969), *op. cit.*, comprobó que desde 1923 hasta 1962, la expresión "*statistical bibliography*" sólo había sido usada en cinco ocasiones, lo que muestra el carácter extremadamente confidencial de cualquier trabajo en este campo. Citado en OKUBO (1997), p. 12.

[72] OKUBO (1997), p. 12.

[73] No obstante, LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 16, señala que "la primera revista especializada en este enfoque se funda en 1971 con el título *Science Studies*, título que en 1975 se cambia por el de *Social Science Studies*, con el subtítulo *revista internacional de investigación sobre los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología*". Actualmente, existen varias revistas dedicadas al análisis de los resultados de los sistemas de ciencia y tecnología, como *Technometrics*, *Research Policy*, *Science and Public Policy*, entre otras.

Sin embargo, la importancia de *Scientometrics* es clara. A partir de la recopilación de los trabajos sobre bibliometría, realizada por VALDERRAMA, GISBERT y TERRADA (1996), para un total de 2035 trabajos sobre bibliometría y 255 revistas, en España y en el extranjero, puede comprobarse que más del 33% de los trabajos han sido publicados en dicha revista. Es decir, *Scientometric* constituye el núcleo de la investigación bibliométrica si la clasificásemos siguiendo las zonas de Bradford. Véase LÓPEZ LÓPEZ (1996), pp. 51–52 y 55–56 para una definición más detallada de estas zonas, a las que también nos referimos más adelante en este

Universidad de Huelva 2009

apareció en septiembre de 1978. El resultado fue el inicio de un análisis, valoración y evaluación, por parte de las ciencias sociales (también llamadas un tanto despectivamente "ciencias blandas"), de los resultados obtenidos por las ciencias físicas, naturales y la ingeniería o "ciencias duras".

Pero el interés gubernamental por estas cuestiones parece obedecer a otras motivaciones. Por un lado, el crecimiento exponencial de los gastos en I+D como consecuencia de la "guerra fría". Por otro, las restricciones de las crisis económicas de la década de 1970, que pusieron de manifiesto la imposibilidad de mantener la financiación del crecimiento de los gastos en I+D. Se hacía necesario buscar una "rentabilidad" en la ciencia. Por último, las revueltas estudiantiles iniciadas a finales de la década de 1960 generaron un cuestionamiento social de la utilidad de la universidad y la investigación, en especial por cuanto se mostraban claramente incapaces de solucionar los problemas sociales y medioambientales.

Todo ello fue generando, lenta y progresivamente, el interés de los poderes públicos por disponer de análisis críticos de sus políticas científicas y tecnológicas y, en especial, evaluar sus resultados. Como consecuencia, a lo largo de la década de 1990, los países más industrializados comenzaron a publicar los datos de los resultados de sus sistemas de ciencia y tecnología, siguiendo los modelos pioneros de la *National Science Foundation* en Estados Unidos y de Holanda y el Reino Unido[74].

---

mismo capítulo.

[74] OKUBO (1997), pp. 13–15.

Universidad de Huelva 2009

2.1.2. La I+D como medida fundamental del nivel tecnológico por el lado de los inputs.

Cuando pretendemos medir la actividad científica y tecnológica podemos acudir a diferentes medidas, unas por el lado del input del sistema y otras por el lado del output. Tanto las medidas disponibles como las recomendaciones internacionales sobre la medición están sesgadas hacia las medidas de input, concretamente la I+D. Ello obedece a dos motivaciones fundamentales. En primer lugar, que los gastos y esfuerzos en actividades de I+D, aunque con limitaciones y deficiencias, son relativamente mucho más fáciles de cuantificar que cualquier otro indicador. Por otro lado, la dificultad para desarrollar medidas de output (tanto a partir de los datos sobre patentes como los indicadores de balanza de pagos tecnológicos o las exportaciones de tecnología, que debe hacerse a partir de datos recogidos con otros fines[75]), lo que ha motivado que no existan medidas satisfactorias del output[76].

No obstante, las actividades de I+D constituyen un elemento de crucial importancia en el proceso de innovación y progreso tecnológico. Entre las características de la actividad innovadora que ya hemos visto[77] podemos destacar el carácter acumulativo y la dependencia de conocimiento tanto explícito, formal y codificado, como tácito e informal. De hecho, la principal barrera a la imitación proviene en mayor medida de

[75] OCDE/OECD (1981), Anexo II, pp. 153–158. No ha sido hasta 1994, una vez publicados el *Manual BPT* sobre la Balanza de Pagos Tecnológicos (OCDE/OECD, 1990) y la primera versión del *Manual de Oslo* sobre la innovación (OCDE/OECD–EUROSTAT/UE, 1992), que se ha publicado (OCDE/OECD, 1994b) un *Manual sobre Patentes*.

[76] PATEL y PAVITT (1995), p. 22.

[77] Apartado a) de la sección 1.4.1 del Capítulo 1.

Universidad de Huelva 2009

los considerables costes necesarios para acumular el nivel necesario de conocimiento tácito que de las restricciones (legales, contractuales o de otro tipo) al uso de conocimiento transferible con relativa facilidad[78]. De aquí surge la importancia de la I+D, en la medida en que contribuye a acumular dicho conocimiento tácito. Contribuye así a generar la capacidad para asimilar la tecnología exterior, además de a la mejora del stock global de conocimientos y tecnología[79].

a) Definición de I+D y actividades incluidas.

Como el *Manual de Frascati* establece, la I+D engloba todos los trabajos de creación realizados de forma sistemática con el objetivo de incrementar el volumen de conocimientos (incluidos los conocimientos sobre el hombre, la cultura y la sociedad) así como la utilización de este volumen de conocimientos para nuevas aplicaciones[80]. Igualmente indica que dentro de la I+D pueden encontrarse tres tipos de actividades: la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental[81].

La investigación básica comprende todos los trabajos, teóricos o experimentales, llevados a cabo con el objetivo fundamental de adquirir

[78] PATEL y PAVITT (1995), p. 19.

[79] Véase COHEN y LEVINTHAL (1989) para una discusión detallada de ambos aspectos de las actividades de I+D.

[80] "Research and experimental development (R&D) comprise creative work undertaken on a systematic basis in order to increase the stock of knowledge, including knowledge of man, culture and society, and the use of this stock of knowledge to devise new applications". OCDE/OECD (1994a), pár. 57.

[81] OCDE/OECD (1994a), págs. 14 y 223.

Universidad de Huelva 2009

nuevos conocimientos sobre los fundamentos de los fenómenos y de los hechos observables, sin que exista previsión de aplicación o de utilización concreta alguna[82]. Además, puede subdividirse en pura, si no se espera de ella beneficio social o económico concreto, ni siquiera a largo plazo, y dirigida, si existen posibilidades o expectativas de que pueda contribuir a la solución de problemas presentes o futuros[83].

La investigación aplicada consiste, al igual que la básica, en trabajos destinados a adquirir nuevos conocimientos, con la diferencia de que se enfoca prioritariamente hacia un fin o un objetivo práctico determinado[84].

Por último el desarrollo experimental engloba todos los trabajos sistemáticos basados en los conocimientos existentes (ya hayan sido obtenidos por la investigación y/o por la experiencia práctica), con el objetivo de lanzar la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos, de establecer nuevos procesos, sistemas o servicios, o para mejorar considerablemente aquellos ya existentes[85].

Para cuantificar la I+D hay dos indicadores fundamentales. Uno de ellos es de tipo monetario, compuesto por todos los gastos necesarios para

---

[82] "Basic research is experimental or theoretical work undertaken primarily to acquire new knowledge of the underlying foundations of phenomena and observable facts, without any particular application or use in view". OCDE/OECD (1994a), pár. 224.

[83] OCDE/OECD (1994a), pár. 227.

[84] "Applied research is also original investigation undertaken in order to acquire new knowledge, It is, however, directed primarily towards a specific practical aim or objective". *OCDE/OECD (1994a), pár.* 229.

[85] "Experimental development is systematic work, drawing on existing knowledge gained from research and practical experience, that is directed to producing new materials, products and devices; to installing new processes, systems and services; or to improving substantially those already produced or installed". OCDE/OECD (1994a), pár. 223.

Universidad de Huelva 2009

desarrollar las actividades de investigación y desarrollo y que no forman parte de las actividades excluidas que se presentan a continuación. Su tratamiento es profuso en el *Manual de Frascati*. El otro indicador es "no monetario". Se trata del número de personas que realizan las actividades de I+D, que no forman parte de la mencionada relación de actividades excluidas. Aunque son tratados ampliamente en el *Manual de Frascati*, son además objeto de un estudio especializado en al *Manual de Camberra*[86].

b) La frontera de la I+D: actividades excluidas.

La definición de I+D es claramente mucho más restrictiva que la de actividades científicas y tecnológicas (AST) realizada por la UNESCO. Las AST incluyen todas las actividades sistemáticas estrechamente ligadas a la producción, promoción, difusión y aplicación de los conocimientos científicos y técnicos en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Incluyen actividades tales como la investigación científica y el desarrollo experimental (I+D), la enseñanza y la formación científica y técnica (EFST) y los servicios científicos y técnicos (SST)[87].

Como ya hemos señalado, el *Manual de Frascati* se limita a las actividades de I+D, por lo que excluye todas las demás AST[88]. De hecho, el

---

[86] OCDE/OECD (1995).

[87] "...activités systématiques étroitement liées à la production, la promotion, la diffusion et l'application des connaissances scientifiques et techniques dans tous les domaines de la science et de la technologie. Elles incluent des activités telles que la recherche scientifique et le développement expérimental (R+D), l'enseignement et la formation scientifiques et techniques (EFST) et les services scientifiques et techniques (SST)...". UNESCO (1978), citado en OCDE/OECD (1981), pár. 7. Véase también OCDE/OECD (1994a), pár. 16.

[88] OCDE/OECD (1994a), págs. 20–21.

Universidad de Huelva 2009

Capítulo II del mencionado Manual se destina a describir con profusión aquellas actividades excluidas del concepto de I+D y por tanto del ámbito de aplicación del Manual[89]. El establecimiento de los límites de la I+D constituye uno de los aspectos fundamentales del Manual. Como criterio de base para distinguir la I+D de las actividades conexas se establece la existencia en el seno de la I+D de un elemento apreciable de novedad y la resolución de una incertidumbre científica o tecnológica.[90]

Así, quedan excluidas de la I+D las actividades de enseñanza y formación ejercidas en las universidades y los institutos especializados de enseñanza superior y postsecundaria. No obstante, las investigaciones realizadas en las universidades por los estudiantes de postgrado (tercer ciclo de la enseñanza superior) deben incluirse en la I+D, si es posible diferenciarlas del resto de actividades de estos estudiantes[91]. Igualmente deben incluirse las actividades de investigación realizadas por los profesores[92].

En el Cuadro 2.1 quedan reflejados los criterios para distinguir entre I+D y enseñanza y formación en la categoría 7 de la CITE (enseñanza

---

[89] OCDE/OECD (1994a), págs. 57–134.

[90] "The basic criterion for distinguishing R&D from related activities is the presence in R&D of an appreciable element of novelty and the resolution of scientific and/or technological uncertainty, *i.e.* when the solution to a problem is not readily apparent to someone familiar with the basic stock of commonly used knowledge and techniques in the area concerned". OCDE/OECD (1994a), pár. 79.

[91] OCDE/OECD (1994a), pár. 62.

[92] En este sentido las definiciones de la OCDE (*Manual de Frascati*) son ligeramente diferentes de las realizadas por la UNESCO. El objetivo es separar aquella parte de los estudiantes universitarios de postgrado y de la actividad de los profesores universitarios que deben formar parte de la I+D.

Universidad de Huelva 2009

avanzada posterior a la obtención de un primer diploma universitario), que se corresponde con el nivel 6 de la CITE 1997[93].

CUADRO 2.1. DELIMITACIÓN ENTRE I+D Y ENSEÑANZA Y FORMACIÓN

Actividades:	Enseñanza y formación en el nivel 7 (nivel 6 CITE 1997)	I+D	Otras actividades
Profesores	1. Enseñanzas impartidas a los estudiantes 2. Formación de los estudiantes en la metodología de la I+D. trabajos en laboratorios. etc.	3. Supervisión de proyectos de I+D que contribuyan a la cualificación de los estudiantes de nivel 7 (nivel 6 CITE 1997). 4. Supervisión de otros proyectos de I+D y ejecución personal de proyectos de I+D.	5. Enseñanza a niveles inferiores al 7 (nivel 6 CITE 1997). 6. Otras actividades
Estudiantes de nivel 7 (nivel 6 CITE 1997) que trabajan en la universidad	1.Trabajos realizados para obtener una cualificación formal. incluida la ejecución de estudios independientes. trabajos en laboratorios. etc.	2.Ejecución y redacción de proyectos de I+D necesarios para la cualificación formal. 3.Todas las demás actividades de I+D.	4.Enseñanza a niveles inferiores al 7 (nivel 6 CITE 1997). 5.Otras actividades.

Extraído de OCDE/OECD (1994a), p. 36.

Las actividades docentes e investigadoras se encuentran estrechamente ligadas (la mayoría de los profesores las realizan de forma simultánea), así como los edificios, instrumentos y equipos, que cubren conjuntamente las necesidades de ambas actividades. Además, los resultados de la investigación fluyen hacia la docencia, al tiempo que la información y la experiencia adquiridas en la docencia pueden constituir un input para la investigación. Por ello resulta extremadamente difícil separar la parte que se corresponde a la I+D de aquella que es sólo actividad docente. En la

[93] Clasificación Internacional Tipo de la Educación. Véase UNESCO (1977) para una exposición detallada de la clasificación inicial y UNESCO (1997) para la correspondiente a la nueva edición, que ha cambiado recientemente con el fin de adaptarla a la evolución de la educación en las diferentes regiones del mundo.

Universidad de Huelva 2009

práctica, y a falta de estadísticas precisas, se hace en función de la proporción del tiempo de trabajo dedicado a actividades de I+D[94].

Igualmente debe trazarse una frontera entre la I+D y las demás actividades científicas y tecnológicas. Esta distinción se hace especialmente importante en aquellas instituciones o unidades (de instituciones o de empresas) que realizan simultáneamente actividades de I+D y otras que quedan fuera de ella. La distinción debe hacerse tanto en aquellos casos en que la actividad fundamental sea la I+D, como en los que se realicen actividades secundarias, como información científica y técnica, pruebas y ensayos, controles de calidad y análisis, etc., así como en aquellos en que la actividad principal sea una actividad científica conexa a la I+D aunque también realicen investigaciones como actividad secundaria[95].

Si la actividad principal es la I+D, las actividades secundarias sólo deben incluirse dentro de las estadísticas de I+D si están exclusivamente al servicio de las actividades principales de I+D. Si por el contrario están abiertas al público en general, o no se destinan exclusivamente a las actividades principales de I+D, deben excluirse. Por otro lado, si la actividad principal es una actividad conexa, las investigaciones realizadas en el curso de la actividad principal deben separarse de ésta e incluirse en las estadísticas de I+D[96]. Los criterios quedan recogidos en el Cuadro 2.2.

---

[94] OCDE/OECD (1994a), págs. 81–82.

[95] Nótese que no se excluyen directamente los SST según la definición que de ellos realiza la UNESCO, sino que se hace atendiendo al objetivo con que dichos SST son realizados. No obstante, igual que ocurría en el caso de las actividades EFST, las diferencias entre las definiciones de la OCDE (*Manual de Frascati*) y las de la UNESCO son menores.

[96] OCDE/OECD (1994a), pár. 97. Para una relación detallada de ejemplos al respecto, véanse

Universidad de Huelva 2009

CUADRO 2.2. CASOS LÍMITE ENTRE LA I+D Y OTRAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES

Trabajos y operaciones	Tratamiento de los trabajos y operaciones	Consideraciones
Prototipos	A INCLUIR en la I+D	Sólo cuando el objetivo principal es la obtención de nuevas mejoras.
Instalación piloto	A INCLUIR en la I+D	Si el objetivo principal es la I+D
Estudios y proyectos	A incluir sólo PARCIALMENTE en la I+D	Se incluyen los estudios necesarios en el transcurso de las actividades de I+D Se excluyen los estudios para el proceso de producción.
Ingeniería industrial, utillaje y herramientas	A incluir sólo PARCIALMENTE en la I+D	Se incluyen los trabajos de I+D que sean [de algún modo] la "retroacción" [a problemas encontrados en el transcurso de los ensayos], las mejoras en el utillaje y herramientas y los trabajos de ingeniería asociados al desarrollo de nuevos productos o nuevos procesos. Se excluyen los necesarios para el desarrollo del proceso productivo.
Producción a título de pruebas	A incluir sólo PARCIALMENTE en la I+D	Se incluye si implica la verificación global del sistema productivo para su posterior diseño y trabajos de ingeniería. Se excluyen todas las demás actividades asociadas.
Servicio postventa y detección de averías	A EXCLUIR de la I+D	A excepción de los trabajos de I+D que sean, de algún modo, la "retroacción" a problemas encontrados en el transcurso de los ensayos.
Trabajos relativos a las patentes y las licencias	A EXCLUIR de la I+D	Todos los trabajos administrativos y jurídicos relacionados con las patentes y las licencias, salvo aquellos directamente ligados a un proyecto de I+D.
Análisis de rutina	A EXCLUIR de la I+D	Incluso si son realizados por personal de I+D.
Recogida de datos	A EXCLUIR de la I+D	Se incluyen sólo cuando la recogida de datos forme parte integrante de la investigación.
Inspección pública, control, aplicación de normas y reglamentos	A EXCLUIR de la I+D	

Extraído de OCDE/OECD (1994a), p. 41.

También debe trazarse la frontera entre las actividades de I+D y otras actividades industriales estrechamente ligadas a ellas. El problema surge al

pár. 98, en que se exponen ejemplos generales y párs. 99–110 y Anexo 4 (pp. 155–156), en que se estudian casos específicos concretos, referidos a la exploración espacial, la minería y

Universidad de Huelva 2009

pretender separar el desarrollo experimental de las actividades de producción, los estudios de mercado, las demandas de patentes y las investigaciones de anterioridad, entre otros.

El criterio para discriminar se centra en el objetivo con que se realizan dichas actividades. Si el objetivo principal es aportar nuevas mejoras técnicas, de producto o de proceso, forman parte de la I+D. Si por el contrario el objetivo fundamental es desarrollar mercados, establecer planes de preproducción u obtener un sistema de control de la producción adecuado, no se trata de I+D[97].

Por último, se excluyen los gastos de las agencias, organismos e institutos encargados de financiar, promover y gestionar la I+D. En el caso en que también realicen directamente actividades de I+D, habrá que separar del resto el personal, equipos y gastos directamente asignados a estas actividades y computarlos como I+D. En general, todas las actividades administrativas y de apoyo (transporte, servicios de comedor, almacenamiento, limpieza, mantenimiento, reparaciones y seguridad) quedan excluidas de la I+D[98].

c) Los datos de I+D como indicadores: Usos y limitaciones.

Como ya hemos señalado, los indicadores de I+D son los más perfeccionados en cuanto a su homogeneización internacional y aquellos

---

prospección, el desarrollo de sistemas sociales y el desarrollo de software.

[97] La definición procede de la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF) de Estados Unidos, que la OCDE hace propia e incorpora al *Manual de Frascati*. OCDE/OECD (1994a), pár. 112.

[98] OCDE/OECD (1994a), págs. 24–29, 76–78 y 133–134.

Universidad de Huelva 2009

sobre los que existe una serie de datos más prolongada en el tiempo. Este sesgo en los indicadores y medidas del cambio tecnológico se debe a que tanto las políticas nacionales de los países miembros de la OCDE, así como de las asociaciones regionales (Unión Europea en especial) en materia de innovación y desarrollo tecnológico están basadas fundamentalmente en la idea de que el principal problema al que se enfrentan las empresas en la tarea de innovar es el volumen y la financiación de su I+D[99].

Por ello, los principales indicadores del intput "oficialmente reconocidos" son aquellos que hacen referencia a los gastos (inputs monetarios) y el personal en I+D, o inputs no monetarios. Así, como medidas de los inputs monetarios tenemos, por ejemplo, la proporción de empresas que realizan I+D, el esfuerzo investigador (EI), medido como el porcentaje que representan los gastos en I+D sobre alguna variable de producción, como el VAB, el PIB o las ventas, según el objetivo del análisis, y su distribución por sectores de ejecución: empresas, administraciones públicas, universidades, IPSFL.

En cuanto al personal dedicado a la I+D, las principales medidas son el número de investigadores por millar de población activa y el número de personas dedicadas a la I+D por millar de población activa y cualquier otra medición del personal, clasificado por actividades realizadas y cualificación profesional, dependiendo de los objetivos del estudio. Puesto que ni todos los investigadores ni todo el personal se dedican a la I+D en exclusiva en todos los casos, es preciso ponderar y distinguir este tiempo del dedicado a otras actividades. Para ello, se definió la Equivalencia de

[99] EVANGELISTA et al. (1998), p. 311.

Universidad de Huelva 2009

Dedicación Plena (EDP) al objeto de determinar a cuántas personas dedicadas en exclusiva y a tiempo completo a la I+D equivalía el conjunto de personas a ella dedicadas, unas en exclusiva y otras no, en un determinado período de tiempo, normalmente un año[100].

Los indicadores propuestos pueden calcularse para el conjunto de las economías nacionales, regionalizados o por sectores productivos, aunque en este caso a un nivel de agregación considerable, dadas las estadísticas oficialmente suministradas.

Sin embargo, estas medidas pueden estar subestimando tanto los gastos como las actividades innovadoras del conjunto de la economía, especialmente en las empresas más pequeñas. Por un lado, como señaló Freeman[101] existe una masa crítica o mínimo absoluto en los gastos de I+D "formales" por debajo del cual es difícil sobrevivir en la carrera tecnológica por mantener la cuota de mercado. Esto hace que las empresas más pequeñas tiendan a realizar otros gastos de innovación, ya sea mediante la I+D "informal"[102] o mediante la inversión en bienes y equipo, lo que

---

[100] Para mayor detalle en la definición del concepto de EDP nos remitimos a los Manuales de Frascati (OCDE/OECD, 1994a) y de Camberra (OCDE/OECD, 1995), este último dedicado monográficamente a la medición del personal dedicado a la I+D.

[101] FREEMAN (1974), pp. 165–198.

[102] KLEINKNECHT (1987) comprobó el efecto de la I+D informal para una muestra de empresas industriales holandesas. Mientras los datos para las empresas de más de 500 trabajadores eran equivalentes en su muestra y en las estadísticas oficiales, para las empresas de menos de 500 trabajadores encontró diferencias notables (subestimación de las estadísticas oficiales) que se hacían mayores a medida que disminuía el tamaño de la empresa. Atribuyó estas diferencias principalmente al carácter altamente informal de la I+D en las empresas más pequeñas y también, aunque en menor medida, a cuestionarios oficiales demasiado detallados, que resultaban contraproducentes al tender a clasificar como "no realizan I+D" a aquellas empresas que realizan muy poca. Aunque individualmente no supongan un sesgo considerable, agregadas todas ellas tienen un efecto apreciable.

Universidad de Huelva 2009

constituye cambio técnico incorporado. En este sentido, en un estudio para la industria italiana se comprobó que el porcentaje de inventores procedentes de las actividades de control y calidad era del 36% en las empresas de menos de 100 trabajadores y de sólo el 11% en las de más de 1000, mientras que las patentes procedentes de la I+D formal eran de sólo el 39% en las empresas de menos de 100 trabajadores y del 63% en las de más de 1000[103]. Por otro lado, a partir de datos para el conjunto de la Unión Europea en el período 1990–1992, la distribución de los gastos en innovación es la que muestra la Tabla 2.1.

TABLA 2.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS GASTOS EN INNOVACIÓN EN LA UE: 1990–1992

TIPO DE GASTO	%
Inversión en bienes y equipo	50
Gastos en I+D	20
Producción de prueba	11
Diseño de la Producción	10
Márketing y comercialización	3
Licencias y patentes	2
Otros	4

Fuente: EVANGELISTA *et al.* (1998), p. 320.

A la vista de cuanto acabamos de exponer, parece más adecuado considerar todos los gastos en innovación y no sólo la I+D[104]. El problema está en la inexistencia de series estadísticas oficiales de este tipo equivalentes a las que sí existen sobre I+D.

2.1.3. Las medidas del output.

La preocupación por la medición del output de las actividades científicas y tecnológicas se remonta a principios del siglo XX. Ya en 1917

[103] Véase SIRILLI (1987) para una discusión más detallada de diversos aspectos del estudio.

Universidad de Huelva 2009

Cole y Eales publicaron un análisis estadístico comparado de la historia de la anatomía[105]. Algo más tarde, Lotka realizó un estudio de las frecuencias de distribución de la producción científica, que le permitió enunciar la llamada "Ley de Lotka"[106], según la cual por cada 100 autores que producen 1 artículo por período, el número de los que producen n artículos es aproximadamente $100/n^2$.

A estas contribuciones les siguieron otras en las décadas de 1930 y 1950, pero la mayor preocupación resurge a mediados de la de 1960, en la que Price trata la distinción entre ciencia mayor y menor, a partir de la productividad de los científicos. Schmookler y Scherer se centran en la importancia de las patentes como medidas del output. Todas estas preocupaciones son recogidas por la UNESCO, que toma consciencia de la necesidad de relacionar las medidas del output de la actividad científica, tecnológica e innovadora con las del input, puesto que los datos sobre I+D no discriminan entre quienes producen (publican o patentan) y quienes no lo hacen, como fruto de los gastos de I+D[107]. En la Figura 2.1 se representa

---

[104] EVANGELISTA *et al.* (1998), pp. 317–320.

[105] COLE, J.; EALES, N. B. (1917) "The History of Comparative Anatomy: A Statistical Analysis of the Literature". *Science Progress*, vol. 11, nº. 4, pp. 578–596. Citado en OKUBO (1997). Este artículo es el origen de lo que posteriormente se llamaría bibliometría.

[106] LOTKA, A. J. (1926) "The Frequency Distribution of Scientific Productivity". *Journal of the Washington Academy of Science*, vol. 16, nº. 12, pp. 317–323. Citado en UNESCO (1970), p. 345.

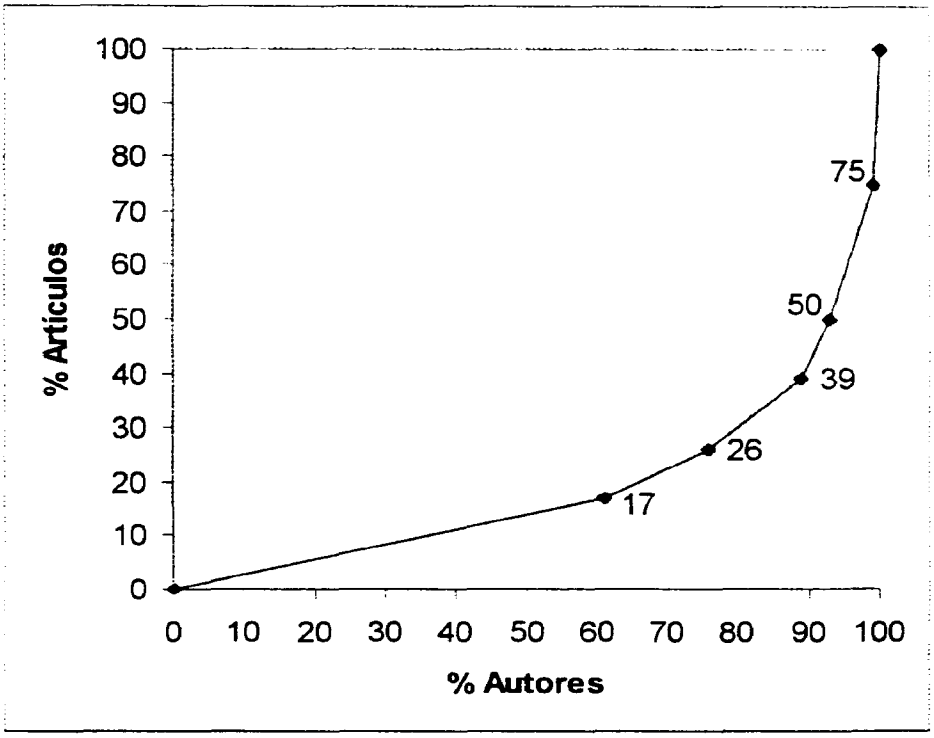
Siendo A_1 el número de autores con un artículo y A_n el número de autores con n artículos, la Ley de Lotka puede expresarse como $A_n = \frac{A_1}{n^2}$.

[107] UNESCO (1970), p. 348. En términos parecidos se expresa PRICE (1963), p. 147, cuando afirma que "el número de científicos medios aumenta proporcionalmente al cuadrado del de los científicos eminentes y altamente productivos".

Universidad de Huelva 2009

la Curva de Lorenz correspondiente a la concentración calculada en 1963 por Price para los artículos científicos, siguiendo la Ley de Lotka. Es decir, calculando los porcentajes ajustados para cada cien autores que publican un solo artículo. Progresivamente este interés lo fue haciendo suyo también la OCDE, lo que tuvo como fruto la publicación de manuales al efecto, uno sobre patentes en 1994 y un documento de trabajo sobre bibliometría en 1997[108], ambos como parte de la llamada *Familia Frascati*.

FIGURA 2.1. CONCENTRACIÓN DE LOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS



Fuente: Construido a partir de los datos de PRICE (1963), p. 84, Tabla 2.

Para medir el output de las actividades científicas y tecnológicas, existen básicamente tres métodos: el análisis de las publicaciones (especialmente artículos en revistas científicas) y las patentes, las listas y

[108] OCDE/OECD (1994b) y OKUBO (1997), respectivamente.

Universidad de Huelva 2009

antologías de "grandes inventos o descubrimientos", y la evaluación de colegas o "juicio de los iguales"[109]. A pesar de las dificultades inherentes y de la omisión de parte de output que no es publicado o patentado, el cómputo y análisis de los artículos y las patentes constituyen un instrumento de análisis más fiable que las antologías de grandes inventos[110]. Además, la consideración de las citas y referencias constituye una "universalización" del juicio de los iguales.

Una pretendida división entre ciencia y tecnología resultaría del todo infructuosa si pretendiese establecerse de forma tajante. Por lo general, ya hemos hablado en el capítulo precedente de la existencia de un carácter de bien público y utilidad general asociada a la ciencia, mientras que la tecnología, al menos durante un período de tiempo, es un bien privativo, de cuyos rendimientos es relativamente fácil apropiarse[111] y, especialmente, tiene una utilidad o finalidad concreta. Podría aceptarse que la Ciencia está más próxima de la investigación básica, mientras que la tecnología lo está de la investigación aplicada y especialmente del desarrollo tecnológico. Admitida esta línea, es posible admitir, con las mismas reservas, que los datos sobre patentes son una aproximación a la medición del output de las

[109] UNESCO (1970), p. 343.

[110] DENNIS, W. (1956): "Age and productivity among scientists". *Science*, p. 714. Citado en UNESCO (1970), p. 354. Véase también SCHMOOKLER (1966).

[111] PIANTA y ARCHIBUGI (1991), utilizan como criterio de distinción entre tecnología y ciencia *la existencia o no de una apropiabilidad potencial de los resultados*. No obstante, matizan que esta distinción no es tajante, sino que puede resultar relativamente fácil encontrar excepciones concretas a esta característica general.

Este criterio fue previamente utilizado por SAVIOTTI (1988), quien reconocía además que los resultados de la Ciencia y la Tecnología son distinguibles pero no independientes.

Universidad de Huelva 2009

actividades tecnológicas, mientras que el estudio de las publicaciones de libros y artículos científicos lo es de la actividad científica[112].

a) Los datos sobre patentes.

Las patentes son un contrato social entre un inventor y una determinada sociedad, originalmente desarrollada por los comerciantes venecianos con el objetivo de promover el intercambio y el comercio y facilitar la acumulación de secretos comerciales[113]. No obstante, hasta el siglo XIX no se desarrollaron los sistemas modernos de patentes y las convenciones internacionales en esta materia no se firmaron hasta finales de dicho siglo (Convención de la Unión de París en 1883) y especialmente en el último cuarto del siglo XX (Tratado de Cooperación en materia de Patentes, PCT, en 1970 y Convención de Munich en 1973)[114].

Actualmente, una patente es un documento, concedido por una agencia gubernamental autorizada, que garantiza el derecho a excluir, durante un número determinado de años, a cualquier tercero de la producción o el uso de nuevos componentes, aparatos o procesos[115]. Es

[112] Este es el criterio empleado por NARIN y OLIVASTRO (1992) para abordar el estudio de la relación entre Ciencia y Tecnología.

[113] HASELTINE (2000), p. 59.

[114] Véase OCDE/OECD (1994b), pp. 20–26, para mayor detalle.

[115] "A patent is a document, issued by an authorised governmental agency, granting the right to exclude anyone else from the production or use of a specific new device, apparatus, or process for a *stated number of years*". GRILICHES (1990), p. 1662.

Universidad de Huelva 2009

decir, no es sino uno de los numerosos derechos de propiedad industrial, junto con las marcas registradas y los diseños industriales[116].

En esta última línea, las patentes pueden ser consideradas como una opción sobre el valor futuro de la invención, habida cuenta que las demandas de patentes (aplicaciones) tienen lugar en las etapas iniciales del proceso inventivo, en las que todavía existe una incertidumbre sustancial respecto a los rendimientos que se puedan obtener tanto de la idea patentada como de la propiedad de la patente. Obviamente, con el tiempo y la investigación el volumen de información disponible va aumentando y reduciéndose la incertidumbre, unas patentes se muestran de escaso valor y otras alcanzan uno elevado. Las decisiones de patentar serían equivalentes a las de cualquier inversión en opciones de futuro, es decir, dependientes de los cálculos de rentabilidades esperadas, de modo que las ganancias obtenidas con las patentes de elevado valor compensen las pérdidas asociadas al proceso de patentado de aquellas que acaban mostrándose de escaso o nulo valor[117].

A través de las patentes se consigue potenciar la invención y el cambio técnico por dos vías[118]. Por un lado, al proporcionar un monopolio para el inventor[119], y por otro, al constituir una valiosa fuente de

---

[116] OCDE/OECD (1994b), p. 12.

[117] PAKES (1986), quien además de plantear esta relación estima el valor de mantener una determinada "cartera de patentes" europeas. En este sentido, ya en PAKES (1985) demostró que el 5% de las variaciones en el valor del volumen de rendimientos de mercado de las empresas se explica por cambios en las actividades de I+D y en las patentes.

[118] GRILICHES (1990), p. 1663.

[119] No olvidemos que para patentar se exige un requisito de novedad (no deducible del conocimiento existente) y de utilidad potencial, puesto que el conocimiento en si mismo no es patentable. Véase GRILICHES (1990), p. 1662 y OCDE/OECD (1994b), pp. 22–23 para una

Universidad de Huelva 2009

información para terceros acerca de la producción o el funcionamiento del producto o proceso patentado. Además, al constituir un derecho de propiedad, es posible transferir su uso total o parcialmente a través de las licencias. Ello contribuye a la difusión de la innovación y el cambio técnico. Desde este punto de vista, es posible definir el sistema de patentes como un contrato social que otorga al inventor un derecho temporal de uso exclusivo o de concesión de licencias de uso, a cambio de publicar sus invenciones, lo que permite que terceros puedan tener acceso a una valiosa información, que en caso contrario el inventor mantendría en secreto, de forma que pueden aprender de ella[120] y continuar así el proceso de investigación e innovación.

En definitiva, podemos considerar que el significado último de las patentes puede ser aquella cantidad mínima de innovación que ha superado dos filtros. Por un lado, el del propio inventor y la organización para la que trabaje, si este es el caso. El simple hecho de que estén dispuestos a asumir el esfuerzo en inversión y recursos necesarios para su realización, indica la presencia de una expectativa no desdeñable de su utilidad y potencial comercialización[121]. De otro, el de la oficina de patentes, en cuanto a su

---

definición más detallada de los requisitos para patentar.

[120] "The patent system works by giving an inventor a temporary exclusive right to use or license to the others the invention in exchange for publishing the invention so that others can learn from it". KALTENHENSER (1998), p. 42.

Una definición equivalente la encontramos en ARCHIBUGI (1992), p. 357: "A patent gives the inventor exclusive rights over the commercial exploitation of the invention for a limited period under certain conditions in return for publication of the invention. The patent system is therefore a contract between the state and the individual".

[121] ARCHIBUGI (1992), p. 358, afirma que la existencia de costes (en dinero y en tiempo) en los que es necesario incurrir para patentar, justifica el que sólo se patenten aquellas innovaciones de las que, en general, se espera obtener unos beneficios que compensen dichos costes.

Universidad de Huelva 2009

novedad y su utilidad potencial[122]. Ello indica que las patentes miden algo más y por encima del simple input de I+D, y es precisamente aquello que identificamos con el éxito u output de las actividades de I+D[123].

Si entendemos el cambio tecnológico como un desplazamiento hacia fuera (expansión) de la frontera de posibilidades de producción, las patentes indican la presencia de nuevas posibilidades de producción, por lo que su variación conllevará desplazamientos de dicha frontera. Parece por tanto razonable considerar las patentes como un indicador de la producción de la actividad innovadora y del cambio técnico alcanzado por una economía. Esta es la tesis implícita en los trabajos pioneros realizados a mediados del siglo XX, primero por Schmookler y posteriormente por Scherer. Este último creó un grupo de trabajo en la Universidad de Yale para analizar diversas cuestiones del análisis económico del cambio tecnológico. Este grupo, junto con el del NBER (National Bureau of Economic Research), encabezado por Griliches y el de la SPRU (Science Policy Research Unit) de la Universidad de Sussex, cuyo principal exponente es Freeman constituyen las referencias fundamentales en el

[122] GRILICHES (1990), p. 1668.

[123] HALL, GRILICHES y HAUSMAN (1986), p. 266. No obstante, STONEMAN (1983) considera que las patentes son una medida del input y no del output en la medida en que, como también señaló más tarde PAKES (1986) la aplicación o demanda de dichas patentes se realiza en la etapa inicial de las actividades de investigación e invención, mientras que la mayor parte de los gastos se realizan posteriormente. Nosotros nos inclinamos por la consideración más generalizada como medida del output, a la que el propio STONEMAN (1995) se había adherido, como se deduce de la selección de lecturas presentadas en su "*Handbook*". Para ello, los argumentos del doble filtro y el indicador del éxito, así como la relación de fuerte contemporaneidad entre I+D y patentes que encuentran PAKES y GRILICHES (1984), nos parecen cruciales.

Universidad de Huelva 2009

plano internacional para el análisis económico de la ciencia, la tecnología, la innovación y el cambio tecnológico[124].

Las estadísticas de patentes, además de su relativamente fácil disponibilidad, están relacionadas, por definición con la actividad inventiva y además están basadas en unos estándares objetivos y poco cambiantes[125], aunque existan diferencias de unas oficinas a otras. Las principales ventajas de las patentes como indicadores del output tecnológico pueden resumirse en[126]:

1. Constituyen la mejor aproximación a la I+D industrial y otras actividades de invención; no pueden encontrarse otros indicadores equivalentes para este fin. En espacial, para capturar la dimensión propietaria y competitiva del cambio tecnológico[127].

2. Cubren la casi totalidad de los ámbitos de la tecnología, con excepción de la producción de software (que cae bajo la protección de los derechos de autor) y la investigación básica. Es decir, suministran información no sólo sobre el nivel de la actividad inventiva, sino también sobre su dirección[128].

3. Cubren un ámbito geográfico universal.

---

[124] En lo que se refiere a la medición de las actividades científicas y tecnológicas no debemos olvidar el OST (Observatoire des Sciences et des Techniques) en Francia, así como la labor de los organismos internacionales como la UNESCO, la OCDE y la UE.

[125] GRILICHES (1990), p. 1661.

[126] OCDE/OECD (1994b), pp. 18–19.

[127] ARCHIBUGI y PIANTA (1996), p. 452.

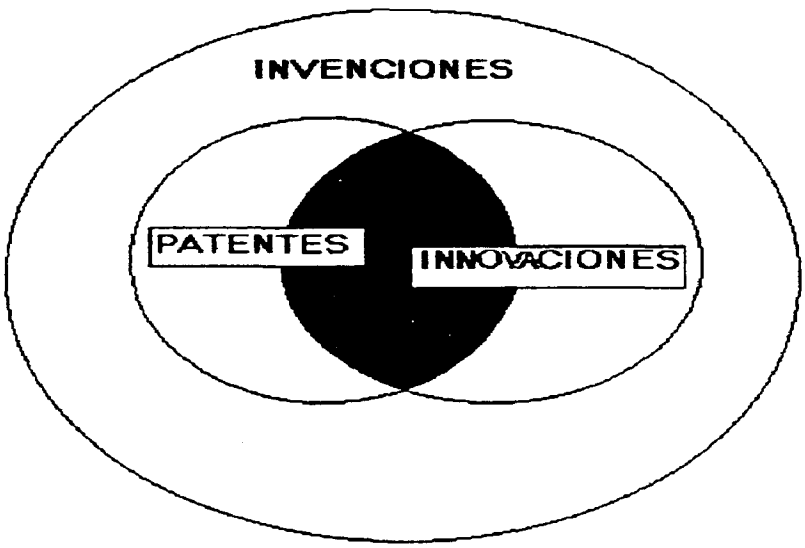
[128] ARCHIBUGI (1992), p. 358.

Universidad de Huelva 2009

4. Su clasificación muy detallada permite una elección cuasi ilimitada del nivel de agregación, para la mayoría de las bases de datos.

5. Contienen multitud de datos y detalles muy importantes sobre la propia patente y sobre la actividad investigadora. Estos detalles son de especial interés tanto para posteriores investigaciones científicas y tecnológicas, como para análisis a escala micro–microeconómica (empresas individuales) o, si se nos acepta la expresión, "nanoeconómica". Además, todos estos datos son públicos, sin que estén protegidos por el secreto estadístico, lo que facilita su uso y difusión[129].

FIGURA 2.2. RELACIÓN ENTRE INVENCIONES, INNOVACIONES Y PATENTES



Fuente: BASBERG (1987), p. 133, Figura 1.

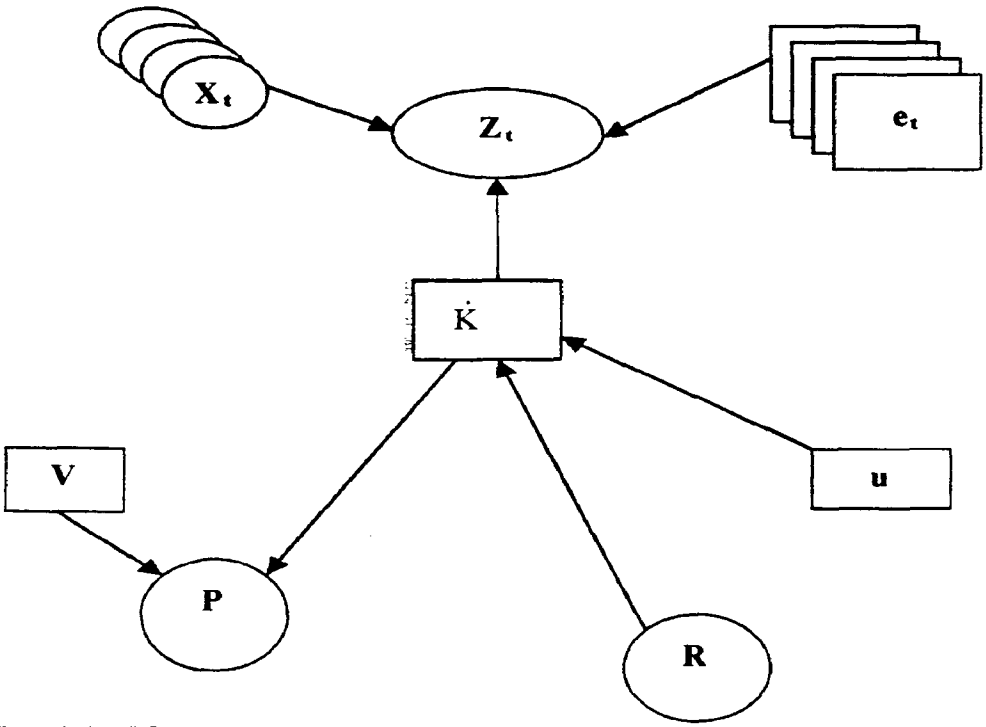
En la Figura 2.2 recogemos cómo entiende Basberg la relación entre invenciones, innovaciones y patentes. En ella queda de manifiesto que

[129] ARCHIBUGI y PIANTA (1996), p. 453.

Universidad de Huelva 2009

tanto las patentes como las innovaciones son medidas parciales de la producción de las actividades investigadoras, las invenciones.

FIGURA 2.3. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO: ANÁLISIS SIMPLIFICADO



Fuente: GRILILCHES (1990), p. 1671, Figura 3.

Una visión igualmente simplificada es la de Griliches, recogida en la Figura 2.3. En ella se presenta el lugar que ocupan las patentes en el proceso de innovación (creación de nuevos conocimientos económicamente valiosos) y su significatividad como indicadores del nivel tecnológico alcanzado por una empresa, sector productivo o economía[130].

[130] En esta figura K es el stock de conocimientos económicamente valorables y $\dot{K}$ es su tasa de crecimiento. Es por tanto un indicador del output de sistema de ciencia y tecnología, la variable que pretendemos medir, o más bien estimar a partir de las estadísticas sobre patentes. Dicha tasa de crecimiento depende de factores exógenos como los gastos y el personal en I+D (**R**) y de cierto componente aleatorio en la producción de conocimiento (**u**), que no es directamente observable. Véase PORTER *et al.* (2000) para un estudio de esta relación.

Por otra parte, sólo una parte del nuevo stock de conocimientos se transforma en patentes (**P**),

Universidad de Huelva 2009

Pero como se deduce de las Figuras 2.2 y 2.3, las patentes no son una medida perfecta del output de la I+D y demás actividades inventivas. Ello se deriva de que las patentes no son el único output de la I+D, sino sólo una parte, cuya proporción puede variar, por diversas causas, entre industrias, en el tiempo y de unos países a otros[131].

1. Por un lado, existen otros métodos de controlar el uso de los resultados de la actividad inventiva, como por ejemplo el secreto industrial[132] o la

---

dependiendo tanto de la tasa de crecimiento de dicho stock como de elementos aleatorios (**v**), que hacen que las estadísticas sobre patentes sean un indicador imperfecto (aunque bueno) del output del sistema.

Por último, los beneficios esperados (o realizados) de la innovación ($\mathbf{Z}_t$) dependen en parte de la evolución del stock de conocimientos económicamente valorables, de otras variables observables ($\mathbf{X}_t$) que afectan a los beneficios de la innovación (poder de mercado, tamaño de la empresa, volumen de ventas, capital humano de los trabajadores, estrategia de la empresa,...) y de influencias aleatorias ($\mathbf{e}_t$), no observables.

[131] Para una discusión más detallada de estas limitaciones, véase UNESCO (1970), pp. 361–365, GRILICHES (1990), pp. 1666–1678 y OCDE/OECD (1994b), pp. 16–19.

[132] FRIEDMAN *et al.* (1991), p. 61 describen el secreto industrial como una cantidad de información (por lo general listas de compradores, planes de negocio o procesos de fabricación) que tienen un valor comercial y que la empresa que los posee procura ocultar a sus competidores para impedir que puedan duplicarla.

ARUNDEL (2001) ha encontrado, a partir de los datos del *Community Innovation Survey 1993* (*CIS 1993*) para casi 3000 empresas industriales de la Unión Europea, que en el período 1990–1992 el secreto fue un mecanismo más usado que las patentes y que era más valorado que éstas de forma generalizada, independientemente del tamaño de la empresa y de la intensidad y el volumen de su I+D.

Véase también WYATT *et al.* (1985), LEVIN *et al.* (1987) y FRIEDMAN *et al.* (1991) para un estudio más detallado de los usos y las ventajas del secreto como alternativa al sistema de patentes. En general, encuentran que la utilidad dependerá de la comparación entre los costes fijos asociados a una patente con los costes en que se espera incurrir para mantener el secreto, por un lado, y de las expectativas en cuanto al tiempo necesario y a la facilidad para desarrollar y/o mejorar la tecnología o el producto patentados por parte de terceros a partir de la información suministrada en la solicitud de patente, por otro.

Universidad de Huelva 2009

introducción de innovaciones en cadena de forma rápida, que no permita reaccionar a los competidores[133].

2. Por otro, porque las estrategias de patentado varían de unas empresas a otras y de unas industrias a otras, en función de las expectativas sobre la invención[134], de las políticas empresariales y de las características de la tecnología[135]. La tendencia general es la de patentar sólo aquellas

---

[133] En industrias con un ritmo muy alto en el cambio tecnológico, las patentes carecen de sentido porque la obsolescencia acelerada de las tecnologías más antiguas mediante la introducción de una nueva y la planificación del ritmo de introducción de las mejoras y cambios técnicos constituyen una forma de protección mucho más eficaz, sin necesidad de transferir información sobre la tecnología.

[134] Sólo se patentará cuando se haya superado el primer filtro del que ya hemos hablado, las expectativas de utilidad en el proceso productivo propio y/o comercialización de la innovación. Lógicamente estas expectativas son altamente variables entre individuos, al igual que lo es la aversión al riesgo.

[135] Nos encontramos así con industrias de alta propensión para patentar ($\frac{\text{Nº de Patentes}}{\text{Gastos en I+D}}$), como, por ejemplo, la farmacéutica y la química en general, mientras que otras tienen muy baja propensión, como por ejemplo las de vehículos a motor, aeronáutica y aeroespacial, defensa y, en general, aquellas asociadas a contratos gubernamentales. Junto a ellas existen sorpresas, como la alta propensión en la industria de tornillería y cerrajería, explicada por la escasa actividad de I+D y la existencia de patentes ocasionales. En general, es de esperar una propensión más alta en aquellas tecnologías relativamente fáciles de copiar, por ejemplo en química y farmacia. Por el contrario, es de esperar una propensión mucho más baja si la tecnología es difícil de copiar, porque requiere mucho tiempo y grandes inversiones en diseño y desarrollo, y/o depende en gran medida de contratos institucionales. La tecnología aeroespacial es un ejemplo típico. Véase SCHERER (1983), MANSFIELD (1986) y GRILICHES (1990) para un estudio más detallado.

Por otro lado, SILBERSTON (1987), p. 18, clasificó las industrias en función de la importancia que para ellas tenían las patentes. Para la industria farmacéutica las patentes son esenciales, muy importantes para los fabricantes de instrumentos eléctricos, los componentes activos y el resto de productos químicos, mientras que son sólo importantes para las industrias de maquinaria de oficina, maquinaria e instrumentos mecánicos, electrónica de consumo, telecomunicaciones y aeroespacial. Para el resto de industrias son relativamente poco importantes.

Sin embargo, que las patentes sean cruciales para una industria no significa necesariamente que sea la que tiene una mayor intensidad en la actividad de patentar. De hecho, el propio Silberston encuentra más adelante que la posición cambia en cuanto a la intensidad de patentado ($IP = \frac{\%\text{ de participación en el número de patentes}}{\%\text{ de participación en el PIB}}$) se refiere. Según este indicador, la industria

Universidad de Huelva 2009

innovaciones que se consideran mayores o estratégicas, dejando sin patentar aquellas que son secundarias o tienen, aparentemente, una menor importancia estratégica para el desarrollo de la tecnología[136].

3. En tercer lugar, aunque los sistemas de patentes están generalizados en los países más desarrollados, ni los procedimientos para la obtención de una patente, ni la protección (en grado y extensión temporal), ni el mercado cubierto, son completamente homogéneos. Ello hace que los incentivos para patentar difieran de unos países a otros[137].

---

farmacéutica ocupa la duodécima posición, con una intensidad que sólo es el 28% de la correspondiente a la industria con mayor intensidad, la de instrumentos eléctricos. Véase SILBERSTON (1987), p. 36, Tabla 6, para mayor detalle.

[136] OCDE/OECD (1994b), p. 16.

[137] En un estudio con una muestra aleatoria de empresas norteamericanas que realizaban gastos superiores a un millón de dólares (o más del 1% de su volumen de ventas si estas superaban los 35 millones), MANSFIELD (1986) encontró que en la mayor parte de las industrias se habrían desarrollado la mayoría de las invenciones incluso en ausencia de un sistema de patentes. Las excepciones más notables las constituyen las industrias farmacéutica, química y petrolífera que, en ausencia de dicho sistema, habrían dejado de desarrollar, respectivamente el 60%, 28% y 25% de las innovaciones; Maquinaria el 17%, Productos metálicos el 12%, equipos eléctricos el 11% y las demás no se veían afectadas por la ausencia de un sistema de patentes. No obstante, ello no impedía que la propensión a patentar fuese del 84% en las industrias más dependientes del sistema de patentes y del 66% en el resto. Para más detalle, pueden verse en especial las Tablas 1 y 2 en MANSFIELD (1986), pp. 175 y 177.

En TAYLOR y SILBERSTON (1973), LOURY (1979), WRIGHT (1983), SCHANKERMAN (1998), SCOTCHMER (1999), CORNELLI y SCHANKERMAN (1999) JAFFE (2000) y FORGER (2000) encontramos estudios, desde distintas perspectivas, de los efectos de los sistemas de patentes sobre las decisiones de patentar y sobre las políticas de gastos en I+D. En MOWERY *et al.* (2001) encontramos una discusión de los efectos de los cambios en la legislación sobre la generación de patentes de las universidades norteamericanas. En general, las conclusiones tienden a resaltar la escasa significatividad de cualquier resultado, es decir, la aparente no influencia de los sistemas de patentes en la generación del número de patentes. Sólo JAFFE (2000) ha encontrado cierta correlación entre el fortalecimiento y extensión de aplicabilidad del sistema de patentes y un crecimiento de las patentes procedentes de los centros de investigación con financiación pública, pero no ha encontrado resultados concluyentes para una análisis de conjunto.

Además, ARCHIBUGI y PIANTA (1992), encontraron que los incentivos para realizar una patente en el extranjero (o para recibir una solicitud de patente por no residentes) dependen del

Universidad de Huelva 2009

4. Además, la legislación antimonopolio y otras regulaciones de la actividad industrial pueden tener un efecto negativo sobre la propensión a patentar e introducir reticencias especialmente en las grandes empresas. El efecto será mayor cuanto más restrictiva y beligerante sea la legislación en materia de defensa de la competencia.

5. En cuanto se refiere a la relevancia técnica y económica y de las patentes, ésta es muy variable[138]. Como se representa en la Figura 2.2, no todas las invenciones que son patentadas acaban transformándose en innovaciones, es decir, introducidas en el mercado[139]. Una aproximación a la relevancia técnica la obtenemos a partir de las citaciones de patentes, de forma que a mayores citas mayor será tanto el impacto como la calidad de la patente[140]. Pues bien, dos tercios de las patentes no son nunca citadas ni por los inventores ni por los examinadores[141].

---

tamaño de los mercados nacionales y de su integración en mercados internacionales, mientras que los incentivos para patentar por parte de los residentes son muy superiores y tienen por objetivo principal proteger el mercado interior de la competencia internacional, en especial cuando se trata de patentes cuya relevancia tecnológica es relativamente menor. Esto introduce un sesgo hacia la actividad inventiva nacional en las estadísticas.

[138] SCHERER (1965b), p. 1098, considera que, de acuerdo con la Ley de los Grandes Números, *la relevancia económica de las patentes está distribuida como una variable aleatoria.*

[139] GRILICHES (1990), p. 1679, estima no obstante que la mayoría de las patentes (por encima del 55%) son realmente usadas y, en Europa, el 50% renovadas. Sin embargo, encuentra igualmente que los resultados económicos asociados a cada patente están muy dispersos.

[140] Un indicador de esta importancia es el Indicador de Rendimiento de Citas (*Performance Citation Index. PCI*) elaborado por CHI–Research, una consultora norteamericana especializada en indicadores de ciencia y tecnología, citada en OCDE/OECD (1994b), p. 57. Véase también NARIN y OLIVASTRO (1988), pp. 489–491, quienes utilizan la expresión *Citation Performance Ratio. CPR.* Ambos se miden como el cociente entre el porcentaje de patentes de un país que se encuentran en el decil de las más citadas y el porcentaje de patentes totales que forman parte de dicho decil. Estos porcentajes no necesariamente son 10, puesto que en caso de empate en la última posición todas las patentes empatadas formarían parte del primer decil.

[141] OCDE/OECD (1994b), p. 56.

Universidad de Huelva 2009

6. Otra limitación deriva del hecho de que no todos los resultados son patentables. Como ya hemos visto, ni los resultados de la investigación básica ni el software lo son, por lo que esta producción del sistema de ciencia y tecnología no puede ser recogida por el sistema de patentes.

7. Las oficinas de patentes realizan sus clasificaciones en función de criterios y principios puramente técnicos y funcionales, que no persiguen ninguna finalidad de análisis económico[142]. De las dificultades prácticas para la elaboración de estadísticas de patentes, directamente comparables con otras series y productos estadísticos, surge una nueva limitación:

   a. Encontramos una ambigüedad en cuanto al sector de clasificación de la patente, pues podemos hacerlo en el sector de origen, el que produce el bien patentado o el que usa el bien o el proceso patentado[143].

   b. No existe una correspondencia entre la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) y la Clasificación Internacional Tipo de la Industria (CITI) ni entre la clasificación de la USPTO y la SIC[144]. Sólo desde mediados de la década de 1970 se inicia en los Estados Unidos una labor integradora de ambas clasificaciones, a cargo de la OTAF[145].

---

[142] Como señala ARCHIBUGI (1992), p. 358, mientras autoridades y empresas están interesadas en documentos de patentes individuales, para el análisis económico se requieren datos agregados. Más adelante (p. 359), destaca que para el análisis económico (y para el análisis de la política científica), el recuento de patentes no constituye un objetivo en sí mismo. Su interés surge en el punto en que las patentes constituyen un "criterio" (*yardstick*) mesurable de un fenómeno mucho más amplio, las actividades inventivas e innovadoras.

[143] Véase ARCHIBUGI (1988) para un análisis más formal.

[144] Las siglas se corresponden, respectivamente, a la *United States Patents and Trademarks Office* y a la *Standard Industrial Classification*.

[145] *Office of Technology Assessment and Forecast*. La réplica en nuestro país la constituye la

Universidad de Huelva 2009

Aunque no exenta de dificultades[146], hoy por hoy constituye la fuente estadística con mayor nivel de comparabilidad[147], en especial debido a su mejora y actualización anual.

Ante la existencia tanto de ventajas como de limitaciones en las estadísticas de patentes como indicadores para el análisis del output tecnológico, han sido muchos los estudios dedicados a analizar dicha utilidad y, en especial, su relación con la I+D como principal indicador del input, y con otros indicadores económicos, como la rentabilidad o la estructura de mercado[148]. De todos estos estudios parece desprenderse la existencia de una relación significativa entre la I+D y las patentes, especialmente en cuanto a que variaciones en la I+D implican cambios paralelos en las patentes, con no demasiado desfase[149]. Pero también se extrae una segunda conclusión; al analizar la relación a lo largo del tiempo en una misma empresa la relación es mucho más débil[150]. Una tercera

---

ANEP, Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva, de mucho más reciente creación.

[146] Ante la ambigüedad en cuanto al sector en el que contabilizar la patente, una primera opción (SCHERER, 1965a y 1965b) fue la de considerar la actividad principal de la empresa que patentaba. Pero la OTAF adoptó como criterio contabilizar la patente en todos los sectores de actividad de la empresa productora. Esto condujo a problemas de duplicidades en el recuento (SCHERER, 1982c) y a hechos sorprendentes como la aparente fortaleza de las empresas japonesas en patentes en aeronáutica, debido al doble cómputo de sus patentes en motores para automóviles (GRILICHES, 1990, p. 1667).

[147] De esta opinión son GRILICHES (1990), p. 1667 y OCDE/OECD (1994b), p. 59.

[148] Encontramos en SCHERER y COMANOR (1969) una pionera valoración de los usos y limitaciones de estos datos. Otros estudios como los de PAKES (1985 y 1986), PAKES y GRILICHES (1984), ACTS y AUDRESTSCH (1989) o ARCHIBUGI (1992) confirman las líneas generales aquí presentadas y amplían algunos aspectos.

[149] Véase HALL, GRILICHES y HAUSMAN (1986) para mayor detalle de la relación temporal entre I+D y patentes.

[150] La explicación se encuentra en que el grueso (aproximadamente el 50%) de los gastos de I+D lo constituye el desarrollo experimental, cuyos resultados derivan en relativamente pocas patentes. Ello se debe, por un lado, a que la variación de dichos gastos se explica por el éxito o

Universidad de Huelva 2009

conclusión que parece desprenderse de estos estudios es la disminución del ratio entre gastos de I+D y patentes a medida que se incrementan los primeros o, lo que es equivalente, el tamaño de la empresa, al menos en tanto no se alcanza una determinada masa crítica[151]. No obstante, los mismos estudios presentan sus reticencias a considerar este hecho como una prueba de la existencia de rendimientos decrecientes en la I+D. Más bien se inclinan por interpretarlos como una consecuencia de sesgos en las muestras, especialmente en las empresas más pequeñas[152], por el diferente papel que la I+D formal e informal juegan en las empresas según su tamaño[153] y por las mayores posibilidades de protección al margen de las patentes para las empresas más grandes, mientras que las patentes son casi el único medio que tienen las más pequeñas[154].

---

fracaso de los proyectos existentes y no por el inicio o no de nuevos proyectos, que son los que suelen generar innovaciones patentables [HALL, GRILICHES y HAUSMAN (1986), 282]. Además, de otra parte, las actividades de desarrollo tecnológico sólo suelen generar innovaciones menores, que habitualmente no se patentan [OCDE/OECD (1994b), p. 16.].

[151] BOUND *et al.* (1984) encontraron que esta relación decreciente existe para niveles de gasto en I+D relativamente pequeños, pero alcanzada una masa crítica entorno a los 6 millones de dólares, el ratio se mantenía constante.

[152] GRILICHES (1990), p. 1675, reconoce que las muestras suelen recoger sólo las pequeñas empresas que efectivamente realizan I+D y/o patentan, mientras que no se recogen aquellas que no lo hacen y no se hacen estimaciones para aquellas empresas pequeñas que no responden a las encuestas y que son clasificadas como no realizando estas actividades. En términos parecidos se expresa MANSFIELD (1986), PAVITT (1988) y, en general, el conjunto de trabajos empíricos. Desde una perspectiva distinta BALDWIN y SCOTT (1987), en especial pp. 63–112, analizaron la literatura empírica disponible en un intento de confirmar las hipótesis schumpeterianas de rendimientos crecientes, aunque no encontraron evidencia que las apoyara, ni tampoco la de rendimientos decrecientes.

[153] Como ya hemos señalado en este capítulo, SIRILLI (1987) encontró que, para la industria italiana, el porcentaje de inventores procedentes de las actividades de control y calidad era del 36% en las empresas de menos de 100 trabajadores y de sólo el 11% en las de más de 1000, mientras que las patentes procedentes de la I+D formal eran de sólo el 39% en las empresas de menos de 100 trabajadores y del 63% en las de más de 1000

[154] SCHERER (1983a), considera que además, las empresas más grandes tienden a buscar

Universidad de Huelva 2009

A la vista de los resultados de todos estos estudios y de sus propios trabajos, la OCDE concluye que las relaciones entre I+D y patentes son importantes en la medida en que ambas son elementos claves para el proceso que conduce a la innovación en multitud de ocasiones. No obstante, no comprenden ni las mismas fases del proceso ni las mismas actividades. Por ello, no sólo es difícil ceñirlas a los límites de indicadores de input y de output, sino que en determinados casos pueden lar lugar a perfiles completamente distintos para una misma empresa, sector, región o país[155].

En cualquier caso, las patentes constituyen una fuente irremplazable de informaciones altamente detalladas sobre las actividades de innovación y al máximo nivel de desagregación (patente a patente), que no están disponibles en ningún otro sitio. Esto confiere a las estadísticas sobre patentes una importancia crucial, de la que no gozan las simples estadísticas de recursos o de inputs[156]. Dichas estadísticas proporcionan una información mucho más amplia, rica y variada que su simple conteo y evolución temporal y espacial. Pero este potencial se convierte en una debilidad cuando las carencias estadísticas no permiten disponer de dichos datos de forma adecuada.

El uso más directo de las estadísticas de patentes como indicador del output del sistema de innovación es su conteo. Con ello podemos comparar empresas y sectores entre sí, o distintas regiones de un mismo país. Sin

---

mecanismos de protección y apropiabilidad de los resultados de la innovación distintos de las patentes como respuesta a la legislación antimonopolio.

[155] OCDE/OECD (1994b), p. 60.

[156] OCDE/OECD (1994b), p. 10.

Universidad de Huelva 2009

embargo, nos encontramos con un problema al pretender realizar comparaciones internacionales. Además de los efectos ya señalados de las diferencias en los sistemas de patentes, la llamada "ventaja del país de acogida"[157] introduce un sesgo en cualquier sistema a favor de las patentes nacionales. Para solucionar esta restricción se suele utilizar, bien las patentes depositadas en un país tercero, bien las patentes depositadas en la oficina de los Estados Unidos (USPTO), por la especial y evidente importancia del mercado americano, y, más recientemente, en la Oficina Europea de Patentes (OEB), especialmente para los países de la Unión Europea[158].

El conteo del número de patentes, debe ponderarse para corregir las diferencias debidas al tamaño del país, del sector o de la empresa estudiados. Los principales mecanismos de ponderación son[159]:

1. Patentes / 1000 habitantes.

2. Patentes / PIB.

3. Patentes en el extranjero / valor de las exportaciones.

4. Patentes / Gastos en I+D.

---

[157] Se trata de la tendencia a patentar prioritariamente en el país en que la patente ha sido desarrollada, especialmente si la incertidumbre sobre las expectativas de resultados de la patente es muy grande o el inventor no tiene la disponibilidad financiera suficiente como para realizar una patente internacional. En tal caso, es de esperar que sólo las patentes más relevantes acaben por convertirse en patentes fuera del país de acogida del inventor.

[158] En este caso, comparar las patentes depositadas por dos países (o regiones) ante la OEB es equivalente a comparar las patentes depositadas por dos regiones de un mismo país. El sistema de patentes comparado es homogéneo en ambos casos.

[159] OKUBO (1997), p. 104.

Universidad de Huelva 2009

5. Patentes / número de investigadores.

Junto a ellos encontramos otros indicadores más elaborados y mucho más ricos, cuya construcción está fuertemente limitada por la disponibilidad o no de datos estadísticos suficientes. El primero de ellos es el Índice de Ventaja Tecnológica Revelada (VTR) del país *i* en el campo o dominio tecnológico *d* y en la oficina de patentes o institución *j*. Este índice se calcula como[160]:

$$VTR^{j}_{i,d} = \frac{\%\ Patentes\ País\ (i)\ en\ Dominio\ (d)\ en\ institución\ (j)}{\%\ Total\ Patentes\ País\ (i)\ en\ institución\ (j)}$$

Como puede verse, la VTR es cero para aquellos sectores en los que no exista ninguna patente procedente del país analizado, es uno para aquellos sectores en los que no existe ventaja o especialización (la participación del sector coincide con la participación media del conjunto de sectores) y es mayor que uno en caso de que exista especialización o ventaja en un campo tecnológico determinado, creciendo rápidamente con la ventaja y sin límite superior.

Para establecer unos límites que permitan la comparabilidad entre los distintos índices, en especial la intensidad de la ventaja se define el Índice de Ventaja en Patentes Revelada (VPR) del país *i* en el campo o dominio tecnológico *d* y en la oficina de patentes o institución *j*. Este índice se calcula como[161]:

---

[160] OKUBO (1997), p. 51.

[161] OKUBO (1997), p. 54. En Comisión Europea (1991), part. 2, p. 4, puede encontrarse una formulación alternativa como $VPR^{j}_{i,d} = 100 \ln VTR^{j}_{i,d}$, que en general toma valores que se

Universidad de Huelva 2009

$$VPR^{j}_{i,d} = \log VTR^{j}_{i,d}$$

Al tomar logaritmos decimales de la VTR, la VPR toma valores comprendidos entre –100 y +100, lo que facilita cualquier comparación. En caso de desventaja tomará valores negativos, tanto mayores en valor absoluto cuanto mayor sea la desventaja, se anulará en caso de que no exista especialización y será positivo cuando haya una ventaja en el dominio tecnológico considerado, aproximándose a 100 a medida que aumente la ventaja.

b) Los datos bibliométricos.

La bibliometría constituye un término genérico[162], utilizado para referirse a un conjunto de medidas y de indicadores de diversa índole y cuyo objetivo es medir la producción (el output) de la investigación

---

enmarcan en el rango (–40, 40), mientras que valores superiores o inferiores indican comportamientos extremos de especialización.

[162] Como señala LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 23, no es posible encontrar un consenso claro entre términos como Infometría, Cienciometría y Bibliometría. Ya hemos señalado que Cienciometría es el resultado de una traducción un tanto forzada del término ruso *Naukometrija* primero al inglés *Scientometrics* y posteriormente al castellano como *cienciometría*. Por ello optamos por seguir las recomendaciones del Documento de Trabajo de OKUBO (1997) en el seno de la OCDE y utilizar el término más preciso de bibliometría. Pero merece la pena que nos detengamos brevemente aquí a aclarar el término infometría. Según el *Diccionario de Ciencia y Tecnología de la Información*, la infometría "ha sido adoptada como nombre por la Federación Internacional de Documentación. Incluye modelos cuantiutativos de bases de datos bibliográficos, análisis estadístico de mensajes (o cadenas) en colecciones de datos, y el modelo de consumo de estos mensajes" [Citado en LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 24].

Es decir, la infometría tiene una mayor extensión que la bibliometría, puesto que analiza no sólo la literatura científica sino también cualquier otro mensaje o información de cualquier tipo.

En cualquier caso, cae fuera del objetivo de la presente Tesis Doctoral un estudio de las diferencias terminológicas aludidas. Para nosotros, el interés por la bibliometría existe en tanto que nos permite medir el output de la actividad científica y tecnológica.

Universidad de Huelva 2009

científica y tecnológica, entendida como la producción y el uso del conocimiento[163]. Para ello utiliza el recuento de la literatura científica y de las citas existentes tanto en dicha literatura como en las patentes.

La literatura científica cumple tres objetivos fundamentales. Difunde los resultados de la investigación, declara y protege la propiedad intelectual y permite la adquisición de notoriedad a los científicos e investigadores[164]. Por todo ello, la bibliometría es una herramienta útil para campos de actuación muy diversos[165]. En primer lugar, facilita las labores de documentación necesarias como paso previo a toda investigación rigurosa[166]. Por otro lado, facilita la labor a la historia de las ciencias, puesto que facilita la investigación sobre la evolución de las diferentes disciplinas científicas y sus movimientos históricos a través de las

---

[163] LÓPEZ PIÑERO (1973), p. 9, considera que los objetivos de la bibliometría son "el análisis del tamaño, crecimiento y distribución de la bibliografía científica y el estudio de la estructura y la dinámica social que la producen y la utilizan". Este segundo objetivo se acerca al campo de la "sociometría" o análisis estadístico de la sociología, que el propio López Piñero define como las "técnicas de investigación... destinadas a conocer las interacciones entre los productores y los consumidores de la literatura científica". Para un tratamiento más detallado de la sociometría puede verse MORENO (1954 y 1970), LÓPEZ PIÑERO (1972), GARCÍA FERRANDO (1995), CASANOVA (1991) y NORTHWAY (1964), entre otros.

[164] PRICE (1963, 1973) escribía: "La función del artículo científico, por lo tanto, consiste en algo más que la publicación de las reivindicaciones que implica una tarea tan redundante como la ciencia. Su origen social es el deseo de todo hombre de registrar sus contribuciones y de reservárselas. *Sólo incidentalmente el artículo sirve de vehículo de información, de noticia* de nuevos conocimientos promulgada en provecho de todos... En la actualidad... la fuerte competencia por publicar... y adquirir así prestigio ha conducido a una larga serie de abusos... Por estas razones los científicos sienten una gran urgencia por escribir artículos mientras que es relativamente moderada la que tienen por leerlos. A ello se debe igualmente la existencia de una considerable organización social de científicos cuya finalidad es asegurar el prestigio y la prioridad por medios más eficaces que el procedimiento tradicional de publicar en revistas.

[165] Véase LÓPEZ LÓPEZ (1996), pp. 73–83, para una descripción detallada del conjunto de las aplicaciones posibles para la metodología bibliométrica.

[166] Permite identificar qué revistas, qué autores y qué artículos en especial, constituyen el *núcleo de una determinada disciplina y qué otros son secundarios o residuales*. Además puede ayudar a censar y localizar las revistas disponibles en cada biblioteca.

Universidad de Huelva 2009

publicaciones. En tercer lugar, permite que las ciencias sociales, en especial la economía, examine, analice y evalúe la comunidad científica[167] en cuanto a su estructura y productividad, y la sociología y psicología se ocupen de aspectos como las motivaciones y las redes y estructuras existentes en dicha comunidad[168]. Es decir, con la bibliometría se logra aplicar a la Ciencia "los mismos métodos de cuantificación que ella empleaba en sus distintas disciplinas para estudiar la naturaleza o la realidad social"[169]. Además, la bibliometría permite la planificación de bibliotecas y centros de documentación y la evaluación de las actividades científicas.

El desarrollo de la bibliometría ha sido posible gracias a uno de los rasgos distintivos de la ciencia, su carácter de bien público. Se trata de un conocimiento que sólo puede existir en tanto que es comunicado al resto de

---

[167] Aunque en la actualidad resulte obvia la necesidad de realizar tal evaluación tanto de la actividad científica como de los propios científicos, MORAVCSIK (1989), pp. 313–315, apunta, como razones para realizar una "medición oficial", la intangibilidad de sus resultados (que al no ser obvios no pueden ser evaluados por cualquier individuo que se vea afectado por ellos), su gran impacto en todos los órdenes de la vida, su productividad sesgada o concentrada fundamentalmente en un número relativamente reducido de científicos y la existencia de mecanismos, (unos más acertados, otros menos y otros incorrectos) para corregir y mejorar el rendimiento de la Ciencia.

[168] Como la propia UNESCO (1970), p. 361 reconoce, la mayoría de los trabajos sobre los artículos científicos han sido hechos por sociólogos, psicólogos e historiadores de la ciencia, mientras que los economistas se han centrado en los trabajos sobre patentes.

Esta apreciación es coherente con los resultados de la recopilación de los trabajos sobre bibliometría, realizada por VALDERRAMA, GISBERT y TERRADA (1996). Para un total de 2035 trabajos sobre bibliometría y 255 revistas, en España y en el extranjero, el 60% de los trabajos hasta 1996 han sido realizados desde las Ciencias de la Información, Documentación y Biblioteconomía (47,68%) y por la Sociología, Psicología y otras ciencias sociales distintas de la economía (12,53%), mientras que desde la Economía no se ha llegado al 7%.

Por otro lado, el propio LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 5, señala como destinatarios potenciales de su manual sobre bibliometría los estudiantes de Psicología, Biblioteconomía y Documentación y los de Doctorado.

[169] LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 11.

Universidad de Huelva 2009

la comunidad científica[170]. Y ello por dos razones. De un lado, porque la comunicación resulta esencial para formar un registro permanente de los resultados, observaciones y teorías, que constituyan una fuente de referencia para el conjunto de la comunidad científica, presente y futura. De otro, porque sin ella resulta imposible el proceso de falsacionismo popperiano, es decir, la comunicación es requisito imprescindible para la crítica, refutación y posterior perfeccionamiento de las teorías, estudios y resultados de la actividad científica[171].

El principal supuesto subyacente para usar la bibliometría como medida es que la literatura científica es la manifestación constitutiva de la producción de conocimientos; es decir, la publicación es la parte esencial de la actividad de los científicos. Por otro lado, las referencias bibliográficas incluidas en los trabajos constituyen un indicador tanto de la calidad de los trabajos citados como del consumo de la información científica producida por otros. Por último, la cita de dicha literatura en las patentes (ya sea en la demanda o en la discusión) constituye una transferencia de los conocimientos a la innovación industrial y por tanto la creación de un valor comercial y social[172].

Pero como se desprende del conjunto de los cuatro trabajos que López Piñero y Terrada dedicaron en 1992 al estudio de las aplicaciones de la bibliometría como instrumento de evaluación científica en el área de la

---

[170] LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 18.

[171] Véase ZIMAN (1976) para una discusión más detallada de la visión de la ciencia como conocimiento público que toma su carta de naturaleza a través del proceso de comunicación.

[172] Para una discusión más detallada, desde una perspectiva de la Biblioteconomía y Documentación, véase MORAVCSIK (1989) y SANCHO (1990). Véase también OKUBO (1997), pp. 10–11, para una visión de su utilidad como medidas del output.

Universidad de Huelva 2009

medicina[173], no debe entenderse que los indicadores bibliométricos o de actividad científica deban restringirse al simple recuento o acumulación de datos estadísticos yuxtapuestos. Por el contrario, resulta necesario transformarlos e integrarlos con otros indicadores para conseguir explicaciones lo más sólidas posibles, no sólo de la actividad científica sino también del conjunto de actividades con ella relacionadas. Por un lado, permite estudiar la colaboración en la producción científica[174] y detectar así los llamados *Colegios Invisibles*[175] e incluso la presencia de redes de colaboración entre instituciones y/o entre países o regiones. De otra parte, permite detectar los temas de interés de la comunidad científica, el momento de su aparición, su evolución temporal y su ciclo de vida completo. En tercer lugar, el estudio del consumo de información científica, permite detectar los autores, trabajos y revistas que tienen un mayor impacto en el conjunto de la comunidad científica, así como las fuentes e influencias que ha recibido un determinado autor. Por último, permiten estudiar la evolución de la productividad de científicos individuales, grupos de investigación, colegios invisibles, campos

[173] LÓPEZ PIÑERO y TERRADA (1992a, 1992b, 1992c y 1992d), en especial el último de los cuatro trabajos, dedicado a la aplicación de los indicadores.

[174] SANCHO (1990), p. 850, considera que la colaboración científica es el rasgo característico de la ciencia moderna, consecuencia lógica del proceso de profesionalización que ha experimentado la comunidad científica. Y citando a HEFFNER, A. G. (1981): "Founded research, multiple authorship, and subauthorship collaboration in four disciplines", *Scientometrics*, vol. 3, nº. 1, pp. 5–12, admite que la proporción de artículoos firmados por varios autores aumenta cuando se trata de trabajos que reciben ayuda económica.

[175] Grupos de autores que trabajan en el mismo campo o en campos conexos y que colaboran conjuntamente o se citan unos a otros. Aunque originariamente la expresión *Invisible College* se utilizó para referirse al club científico en la Inglaterra del siglo XVII que dio lugar a la *Royal Society*, PRICE (1963), lo reutilizó por primera vez para referirse a grupos de científicos que trabajan en áreas de investigación semejantes, mantienen contactos informales entre sí e intercambian información por medios distintos de la comunicación escrita. Fue además el primero en dedicar un capítulo a su estudio y descripción.

Universidad de Huelva 2009

científicos, instituciones, regiones y países. Todo ello, combinado con otros indicadores como las estadísticas de patentes, el volumen de gastos en I+D, el PIB o el valor añadido, permiten realizar un análisis y evaluación de la política científica y tecnológica sobre bases sólidas y objetivas.

Son muchos los indicadores de que dispone la metodología bibliométrica, cada uno con distinto grado de elaboración y utilidad. Estos indicadores pueden ser agrupados en tres grandes categorías. En primer lugar, aquellos que miden la producción de artículos y obras científicas o productividad bibliográfica[176]. Éstos son precisamente los que tienen mayor interés desde el objetivo de la presente Tesis Doctoral, por cuanto son una medida fundamental del output de la actividad científica y tecnológica. Por otro lado, aquellos que se ocupan del estudio del grado y las formas de colaboración en la creación científica. Finalmente, encontramos aquellos que se ocupan del análisis de las citas y referencias existentes en las publicaciones científicas. Estas dos últimas categorías tienen un especial significado para la Historia y la Sociología de la Ciencia y los indicadores de citas permiten además valorar la calidad de los resultados[177].

Encontramos hasta ocho indicadores de productividad bibliográfica, que nosotros vamos a presentar para el estudio de los autores, pero que igualmente pueden aplicarse a las instituciones y a las regiones y países. Estos indicadores son:

---

[176] Es precisamente el término "productividad" en vez de producción el que se utiliza generalmente en los diferentes estudios bibliométricos y manuales de bibliometría.

[177] Para un estudio más detallado de los diversos indicadores bibliométricos puede verse PRICE (1963), LÓPEZ PIÑERO (1972 y 1973) y más recientemente LÓPEZ PIÑERO y TERRADA (1992b y 1992c), LÓPEZ LÓPEZ (1996) y OKUBO (1997).

Universidad de Huelva 2009

1. Evolución temporal de la productividad. Este indicador nos permite ver la vida activa de un científico. No obstante, calculada no para autores sino para los diferentes temas o líneas de investigación, permite estudiar su ciclo vital.

2. Distribución de los autores según el número de firmas. Este indicador nos permite estudiar el nivel de concentración de la producción científica en un campo determinado. Habitualmente se representa gráficamente en dos series, una con los datos encontrados y otra estimadas siguiendo la Ley de Lotka.

3. Distribución de los autores por zonas de productividad o áreas de Bradford. Consiste en distribuir los autores por número de trabajos realizados en orden decreciente y clasificarlos en tres zonas, el núcleo de los más productivos, la Zona 1 o intermedia y la Zona 2 o periferia. Aunque idealmente en cada zona habrá un 33,33% de los trabajos, para que todos los trabajos de un autor estén en la misma zona y para que todos los autores con el mismo número de trabajos estén en la misma zona, habitualmente se incluyen por exceso en el área más central. Ello hace que en el núcleo puedan encontrarse porcentajes mayores mientras que en la periferia los porcentajes de trabajos sean menores de los que teóricamente les corresponderían.

4. Productividad (P) o número de firmas, sin distinguir si se trata de un trabajo individual o en colaboración.

Universidad de Huelva 2009

5. Índice de Productividad (IP), que se calcula tomando logaritmos decimales del valor de la productividad: $IP = \log P$. La utilidad de este índice es que está limitado a valores entre 0 y 100.

6. Productividad Fraccionaria (PF), que consiste en sumar el número de trabajos firmados, ponderados cada uno por el número de firmantes.

7. Índice de Productividad Fraccionaria (IPF), calculado tomando logaritmos decimales del valor de la productividad fraccionaria: $IPF = \log PF$, cuya utilidad es equivalente a la del IP.

8. Por último, la tipología en función de la institución en la que se realiza el trabajo que da lugar a la publicación. Esta clasificación se hace habitualmente con los mismos criterios que la clasificación sectorial de los gastos en I+D: empresas, administraciones públicas, universidades e IPSFL[178].

No obstante, la aplicación de la metodología bibliométrica ha de hacerse con cautela[179]. En general, no deben tomarse como indicadores

---

[178] Y al igual en el caso de la I+D, las IPFSL incluyen las publicaciones realizadas por investigadores individuales a título personal.

[179] Puede verse una amplia discusión de las limitaciones de los indicadores bibliométricos en SANCHO (1990), *en especial* pp. 858–861 y *en* LÓPEZ PIÑERO y TERRADA (1992a y 1992d). En especial el primero de los cuatro trabajos (1992a), p. 64, dedicado a los usos y abusos de la bibliometría, afirma que "Sin un conocimiento de la estructura y la dinámica de la comunidad científica, de los procesos de comunicación e información que se desarrollan en su seno y de la integración de la actividad científica en el resto de la realidad social, económica, política y cultural, el empleo de los datos bibliométricos es semejante al uso del cómputo de células sanguíneas o de cifras de carácter bioquímico o inmunológico en el organismo sin ideas precisas acerca de la estructura y el funcionamiento de este último en estado de salud y enfermedad".

Véase también LÓPEZ LÓPEZ (1996), pp. 71–73 y 87–91 y OKUBO (1997), Capítulo 5, pp. 26–34, en que se exponen los usos y limitaciones de cada indicador.

Universidad de Huelva 2009

absolutos, sino acompañados de otros indicadores cualitativos, como la opinión de los expertos, y tomados siempre en términos relativos respecto a lo que ocurre en el conjunto del campo científico en que trabaje un determinado autor. Además, en cada campo de la ciencia hay pautas de investigación, colaboración, de citación y de publicación diferentes, lo que implica que cada indicador tiene distinta importancia en unos campos y en otros. De otro lado, las motivaciones para publicar son muy diferentes en función de la institución en que trabaje el científico. Mientras en la Universidad la presión para publicar es extremadamente poderosa ("el lema 'publica o perece' es su regla de oro"[180]), por el contrario, en la empresa privada la presión es igualmente poderosa pero en sentido contrario, precisamente para protegerse de la competencia[181].

Junto a estas limitaciones, encontramos otras de orden práctico. En especial, los errores de los repertorios de citas y referencias. Las revistas seleccionadas varían en el tiempo y quedan fuera gran cantidad de revistas[182] siguiendo el criterio de los editores de los repertorios, lo que no

---

[180] SANCHO (1990), p. 858.

[181] Véase LÓPEZ PIÑERO y TERRADA (1992d) para una descripción más detallada de las limitaciones y condiciones que deben cumplir los indicadores bibliométricos para su uso racional y significativo.

[182] Como el creador de la *Science Citation Index* explica, se utiliza la relación coste–beneficio como criterio fundamental para definir el campo de revistas cubierto por una base de datos. Aplicando la Ley de Dispersión de la Información de Bradford a la bibliografía, calculó que era necesario examinar entre 500 y 1000 revistas para obtener el 95% de la literatura significativa en un campo determinado. Para identificar dichas revistas utilizó el índice de impacto (número de citas / número de artículos) como criterio de identificación de revistas significativas.

Estos criterios hacen que en el *SCI* estén incluidas sólo aquellas revistas de difusión mundial, que forman parte de la llamada "corriente mayor" (*mainstream*) de cada campo científico [FRAME (1977)]. Véase también FRAME, NARIN y CARPENTER (1977).

GARFIELD, E. (1972): "The Design and Production of a Citation Index". En *Citation Index. Its Theory and Application in Science, Technology and Humanities*. John Wiley & Sons. Nueva

Universidad de Huelva 2009

es prueba inequívoca de su falta de calidad, sino simplemente resultado de una decisión discrecional[183]. Por ello, la elección de un repertorio o base de datos para la elaboración de indicadores bibliométricos dependerá de los objetivos de la investigación y de las características de cada base.

Especialmente, en cuanto se refiere a la base *Science Citation Index*, tiene un claro sesgo hacia revistas y autores norteamericanos[184] (ventaja del país de acogida, de forma semejante a como ocurre con las estadísticas de

---

York. Pp. 16–36. Citado en OKUBO (1997), p. 18.

FRAME, J. D. (1977): "Mainstream Research in Latin America and the Caribbean". *Interciencia*, vol. 2, nº. 3, pp. 143–148. Citado en OKUBO (1997), p. 19.

[183] Cada base tiene sus contenidos (campo de cobertura) y sus reglas, que la identifican y la hacen diferente de las demás. Además, las fichas bibliográficas que constituyen las diversas bases de datos han sido establecidas con el objetivo de suministrar informaciones cualitativas, no para servir a un recuento de publicaciones o de artículos. OKUBO (1997), p. 17.

[184] Esta es una limitación que destacan principalmente los autores europeos y japoneses. Así lo señalan, entre otros LÓPEZ PIÑERO (1972), p. 65, OTSU (1983), KOBAYSHI (1987), y OKUBO (1997), p. 20. Ante ello GARFIELD (1975) argumentaba que no es ni fácil ni económico incluir en la *SCI* las revistas que no utilizan caracteres románicos y GARFIELD (1988) añadía que la lengua inglesa se encuentra actualmente muy extendida en su uso, de forma que el sistema se automantiene. Ello implica que para pertenecer al "club de los mejores" es necesario publicar en una "lengua mayor", especialmente la lengua inglesa. En palabras de OKUBO (1997), p. 20: "Cette observation montre que pour être accepté dans le "club des meilleurs il faut écrire dans une langue majeure: la lange anglaise...". En este sentido, SIVERTSEN (1991) destaca la ventaja que tienen los investigadores que publican en Inglés aunque no sean anglófonos. Tal es el caso de los escandinavos.

GARFIELD, E. (1975): "Introduction". En *Journal Citation Reports: Science Citation Index*, vol. 9, nº. 3. Citado en OKUBO (1997), p. 20.

GARFIELD, E. (1988): "French Research: Citation Analysis Indicates Trends are More than Just a Slip on the Tongue". *Current Contents*, vol. 23, p. 9. Citado en OKUBO (1997), p. 20.

KOBAYSHI, S. (1987): "Internationalization of Japanese Journals and their contribution to the Basic Science". *Daigaku Kenkyu*, vol. 1, pp. 57–76. Citado en OKUBO (1997), p. 20.

OTSU, K. (1983): "A Bibliometric Study of Japanese Science and Social Science Publications". *Library and Information Science*, vol. 21, pp. 19–27. Citado en OKUBO (1997), p. 20.

SIVERTSEN, G. (1991): "Should a New Database for International Comparison be More Restricted in Journal Coverage?". En *Science and Technology in a Policy Context*. Actes du Colloque CE–Leyde sur les indicateurs de science et technologie. DSWO Press. Leyde. Citado en OKUBO (1997), p. 20.

Universidad de Huelva 2009

patentes) y contiene numerosos errores en la ortografía de los apellidos de origen hispánico y en el uso del doble apellido. Por ello, un mismo autor puede estar "contabilizado" con varias entradas[185]. Por supuesto estas limitaciones están igualmente presentes en uno u otro grado en las demás revistas.

Pero más allá de estas limitaciones, la *SCI* constituye una base de datos multidisciplinar que cubre un vasto dominio de la mayor parte de los campos científicos y que se ve complementada por la *Social Science Citation Index* (*SSCI*) y la *Arts & Humanities Citation Index* (*AHCI*), que cubren respectivamente los campos de las ciencias sociales y las artes y humanidades.

En cualquier caso, los indicadores bibliométricos proporcionan la posibilidad de realizar y utilizar clasificaciones por disciplinas científicas con un nivel de desagregación y detalle mucho mayor que los que encontramos habitualmente en las estadísticas de gastos en I+D. Al igual que ocurría con las estadísticas de patentes, los datos bibliométricos constituyen una herramienta de gran utilidad en la medida en que estén disponibles. Pero por el mismo motivo, las carencias estadísticas en este ámbito constituyen también un importante límite a las posibilidades de cuantificación, evaluación y planificación de las actividades científicas e innovadoras.

[185] LÓPEZ LÓPEZ (1996), p. 90.

Universidad de Huelva 2009

2.2. MEDICIÓN A TRAVÉS DE LOS CAMBIOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO.

En el capítulo anterior hemos visto cómo es posible entender el cambio tecnológico como la aplicación al sistema productivo de nuevas técnicas o la producción de nuevos productos. En la medida en la que se produzca el primero de los dos fenómenos señalados, una innovación de proceso, ésta puede entenderse como la posibilidad de incrementar el output por unidad de input, es decir, una reducción de los costes de producción, que gráficamente vendría representada por un desplazamiento de las isocuantas hacia el origen. Esta forma de medir el cambio tecnológico se encuentra con una dificultad principal. La necesidad de definir una función de producción para establecer las correspondientes isocuantas y las dificultades intrínsecas a la medición de la productividad.

Una vía alternativa de medición consiste en estudiar los flujos de bienes intermedios incorporados para la obtención del output de un determinado sector de la producción. La idea subyacente es que a través de la incorporación de estos bienes se produce un flujo de actividad innovadora y de gastos de I+D desde las empresas y sectores que efectivamente los realizan hacia aquellas otras empresas y sectores que los incorporan en sus procesos productivos[186]. Esta perspectiva nos permite, además, prestar atención a las actividades innovadoras distintas de la realización de I+D, aunque se trate simplemente de la adquisición de bienes y/o servicios de alto contenido tecnológico para utilizarlos en el proceso productivo.

[186] Véase SCHERER (1982a y 1982b) para una definición pionera de estos flujos.

Universidad de Huelva 2009

Como no todos los sectores y empresas realizan actividades innovadoras con la misma intensidad, el contenido tecnológico incorporado por cada sector dependerá de la proporción en que se incorporen inputs intermedios procedentes de los sectores con mayor intensidad innovadora[187] respecto al total de inputs intermedios incorporados en el proceso productivo[188]. Desde esta misma perspectiva de los flujos tecnológicos entre sectores productivos es posible utilizar las técnicas de análisis input–output para calcular la matriz de flujos de gastos en I+D[189], los requerimientos de gastos en I+D necesarios para satisfacer la demanda final. Es igualmente posible calcular la intensidad tecnológica de estos requerimientos de gastos en I+D, en función del sector de realización del que provengan.

2.2.1. Las variaciones en la productividad.

Desde que Solow definiese el cambio tecnológico como la parte del crecimiento de la producción que no es posible explicar a través del incremento en las cantidades empleadas de los factores[190], la búsqueda de

---

[187] En SATO Y RAMACHANDRAN (1980) se estudian los efectos del cambio tecnológico en la demanda de estos bienes intermedios.

[188] Se calculan así los *Índices de Contenido Tecnológico*, a los que llevamos dedicando nuestra atención desde hace tiempo. En GARCÍA y PALMA (2000) y PALMA, GARCÍA y MARTÍN (2000) se encuentran dos de las contribuciones más recientes

[189] MARENGO y STERLACCHINI (1990) desarrollaron el modelo input–output de flujos tecnológicos intersectoriales y LEONCINI, MAGGIONI y MONTRESOR (1996) utilizaron este tipo de análisis para estudiar los sistemas tecnológicos nacionales. Véase LEONCINI y MONTRESOR (1999 y 2000) para una definición y aplicaciones de la Matriz de Flujos Tecnológicos.

[190] SOLOW (1957).

Universidad de Huelva 2009

una relación entre cambios en la productividad y cambio tecnológico constituyen un importante elemento en los estudios dedicados al análisis económico de la tecnología y el cambio tecnológico.

De acuerdo con Salter, son cuatro los componentes del cambio tecnológico[191]. El primero lo constituye el simple desplazamiento hacia el origen de las isocuantas de la función de producción, lo que permite ahorrar trabajo y capital en términos absolutos y así incrementar la productividad de uno u otro o de ambos. En segundo lugar, los cambios en la forma de las isocuantas, que provocan un desplazamiento más rápido hacia uno de los ejes que hacia el otro. Surgen así sesgos en el ahorro de uno u otro factor de la producción. Junto a ellos, la pendiente de la curva, que representa la elasticidad de sustitución entre los factores, constituye el tercer componente del cambio tecnológico. La elasticidad se reduce por ejemplo con la introducción de avances tecnológicos que sólo pueden aplicarse en un ámbito concreto de la función de producción (mejoras en una determinada máquina), mientras que aquellos que pueden emplearse de forma generalizada (los instrumentos de control electrónico, por ejemplo) aumentan la elasticidad de sustitución al permitir una mayor libertad en la sustitución de trabajo por capital. Por último, los cambios de los precios relativos de los factores generan una vía de influencia en la medida en que incrementan la tasa de crecimiento de la productividad de un factor a expensas de retardar la del otro. La eficacia de este cuarto factor depende en gran medida del valor de la elasticidad de sustitución.

[191] SALTER (1960), pp. 55–57.

Universidad de Huelva 2009

La búsqueda de una relación entre la actividad innovadora y la productividad a través de estudios empíricos ha reforzado la hipótesis de que dicha relación es significativa y positiva. Los estudios, realizados inicialmente para la industria en los Estados Unidos[192] y el Reino Unido[193] y más recientemente para 39 países de la ONUDI[194], han encontrado por lo general una relación positiva especialmente con el uso de innovaciones, ya sean producidas por las propias empresas ya incorporadas en los inputs procedentes de otras. No obstante, también han encontrado que la relación con la I+D incorporada en los inputs es más débil en períodos y sectores con rápido cambio tecnológico; en ellos juega un papel más importante la capacidad para implementar y mejorar las nuevas técnicas y, especialmente, seguir la dirección (o trayectoria tecnológica) adecuada[195]. Además, en cuanto se refiere a la productividad del trabajo, el optimismo inicial del estudio de Salter ha sido recientemente matizado. No sólo porque sea difícil de extrapolar al conjunto de los países industriales, sino también a los diferentes períodos de tiempo. Únicamente cuando las industrias con crecimiento rápido de la productividad incrementan su participación en el volumen de empleo (es decir, cuando el cambio tecnológico genera una expansión del empleo) se encuentra una relación intensa entre cambio tecnológico y crecimiento de la productividad; en otros casos, la relación, aunque positiva, es mucho más moderada[196]. O,

[192] TERLECKYJ (1974 y 1980), SCHERER (1982b y 1983) en especial.

[193] SALTER (1960), STERLACCHINI (1989).

[194] FAGERBERG (2000).

[195] STERLACCHINI (1989), p. 1556.

[196] FAGERBERG (2000), pp. 403–404.

Universidad de Huelva 2009

para ser más precisos, que aunque el cambio estructural específico en determinados países puede generar un incremento de la productividad, considerado el cambio estructural medio del conjunto de países de la ONUDI no genera un crecimiento de la productividad[197].

a) La relación entre productividad y tecnología.

La tecnología es un concepto físico, que especifica de forma completa la relación de inputs y de operaciones necesarias para obtener una cierta cantidad de output con unos determinados niveles de calidad. Los cambios en la tecnología conllevarán cambios en dichas relaciones entre inputs y outputs. Es decir, el cambio técnico afecta en general a la relación entre inputs y outputs, precisamente el ratio al que habitualmente nos referimos con el término productividad. Por ello, la medición de los cambios en la productividad juega un papel fundamental en el estudio de los efectos del cambio tecnológico[198].

Sin embargo, la productividad es un término económico. Aún cuando inicialmente se refiera a la razón entre input y output en términos físicos, esta definición sólo puede mantenerse en el caso de que sólo haya un único input y un único output. Pero en cuanto nos encontremos con multitud de inputs y/o de outputs, nos veremos obligados a realizar una agregación de todos ellos para calcular la productividad. Dicha agregación sólo puede realizarse en la medida en que ponderemos cada input y output a través de

[197] "What it shows is that structural change *on average* was not conductive to productivity growth. This does not mean that *specific* structural changes that countries underwent were without economic importance". FAGERBERG (2000), p. 405.

Universidad de Huelva 2009

su valor (precio) o de sus costes. Así, la productividad se convierte necesariamente en un concepto económico. El valor de la productividad puede cambiar por el cambio de los precios o de los costes, aún cuando las unidades físicas a que se refieren permanezcan constantes[199].

A la hora de medir la productividad y sus cambios, encontramos dos enfoques fundamentales. El primero de ellos se corresponde con la llamada Productividad Total de los Factores (PTF) y consiste en comparar el volumen de producción obtenido con el conjunto de todos los inputs empleados en el proceso productivo[200]. Es la medida más general y amplia de la productividad y su incremento es inequívocamente beneficioso puesto que conlleva una reducción en los costes unitarios totales de producción.

El segundo enfoque es más restrictivo y consiste en comparar el output total con el input de un factor concreto. Puesto que la productividad se debe no sólo a este factor, sino también al conjunto de los demás inputs empleados, a este tipo de productividad suele llamársele "productividad aparente". Aunque teóricamente podría calcularse para cualquier factor o input, el cálculo más habitual es para el factor trabajo[201].

---

[198] NOSRWORTHY y JANG (1990), p.8.

[199] *Ibidem*. NOSRWORTHY y JANG (1990), p.8.

[200] GRILICHES (1990), p. 1670 sostiene que el concepto de PTF fue cuantificado por primera vez por SCHMOOKLER, en 1952, en el trabajo que constituyó su Tesis Doctoral. No obstante, también señala que el propio Schmookler nunca se preocupó en exceso por la paternidad del hecho.

[201] NOSRWORTHY y JANG (1990), p.8 consideran que ello se debe a que estos cálculos se han realizado con mucha mayor profusión en los Estados Unidos, donde la tierra, los recursos hídricos y los yacimientos minerales son mucho más abundantes que en Europa. Ello justificaría además los mayores valores estimados de la productividad en los Estados Unidos.

Universidad de Huelva 2009

Pero tecnología y productividad no mantienen entre sí una correspondencia biunívoca. Existen por el contrario toda una serie de elementos externos a la planta, la empresa o la industria que también influyen en la elección de la tecnología de producción y en el output obtenido. Algunos de estos elementos son de orden microeconómico. Por ejemplo, aquellos que dependen de las características de la planta de producción, especialmente en cuanto a la calidad de producción, la rentabilidad y la competitividad. Además, encontramos las respuestas del comportamiento de los trabajadores ante la adopción de nuevas técnicas de producción, las políticas de recursos humanos y cambios en la estructura laboral y las decisiones de gestión en cuanto a la adopción de la tecnología, los gastos en I+D, las inversiones en plantas y equipos, las políticas de recursos humanos y de control de la calidad. Junto a ellos, otros aspectos que, sin ser macroeconómicos, son de ámbito mayor al de la empresa individual. Nos referimos a las características de la industria, entre las que destacan la estructura de mercado y la regulación, el ciclo del producto y la competencia en importaciones y exportaciones. Por último, elementos claramente macroeconómicos, como son el ciclo económico, las tasas de ahorro e inversión y las políticas tecnológica y de investigación, comercial, social, económica y de defensa.

b) El cálculo de la productividad.

El que la productividad dependa de más factores que del cambio tecnológico, constituye una importante limitación para el empleo de las

Universidad de Huelva 2009

variaciones en la productividad como medida del cambio tecnológico[202], ya se trate de la PTF o de la de un factor individual. Para la medición de la productividad y especialmente para realizar comparaciones, es necesario por tanto procurar que la mayor parte de estos elementos no experimenten cambios de consideración. No obstante, puesto que por lo general escapan al control de quien realiza las mediciones y comparaciones de la productividad, nos vemos obligados a obviar dichos cambios. Así, las comparaciones en la productividad debemos tomarlas con la debida cautela y, en determinadas ocasiones, apuntar los cambios en los mencionados elementos como factores que explican la evolución de la productividad y cuyos efectos se agregan a los del cambio tecnológico. El empleo de la terminología de "cambios aparentes" en la productividad cobra de este modo un significado especial.

Pero para medir la productividad es necesario además realizar una serie de asunciones. La principal es que las empresas combinan los inputs de manera que minimicen los costes de producción de un output dado[203]. Esta asunción es menos restrictiva que la de maximización del beneficio, y la de mercados de productos competitivos, lo que facilita los cálculos en diversos contextos. Sin embargo, sí que resulta necesario asumir la

---

[202] A esta limitación habría que añadir el que, como hemos señalado más arriba, cambios en la estructura de precios pueden provocar cambios en la productividad, una magnitud económica, incluso si el output, magnitud física, permaneciese inalterado.

A este efecto de los precios ya se refirió SALTER (1960), p. 57.

[203] Es decir, en su función objetivo fijan la isocuanta que determina el volumen de producción como la restricción y a continuación eligen la combinación de inputs que, dados los precios de los factores, minimiza los costes de producción de dicha cantidad. Gráficamente, la solución de tangencia se alcanza por desplazamientos paralelos hacia el origen de la recta isocoste.

Universidad de Huelva 2009

hipótesis de mercados de factores competitivos[204], es decir, el carácter precio–aceptante de todos los participantes en dichos mercados.

Otro elemento a tener en cuenta para calcular la productividad, en especial la PTF es el conjunto de factores a considerar. Tradicionalmente, hasta la década de 1970, el conjunto "adecuado" de factores a considerar estaba compuesto por el capital, el trabajo, la energía y los materiales. Sin embargo, a partir de la década de 1980, las llamadas industrias de alta tecnología consumen cada vez menos energía y más inputs materiales muy específicos[205], bienes de capital[206] y trabajadores especializados, entre los que cobran cada vez más importancia los que no se dedican directamente a la producción sino a otras actividades, en especial la I+D. Es decir, la representación "adecuada" de la tecnología en términos de inputs, dadas las limitaciones de los datos disponibles, varía de una industria a otra[207]. Esta limitación puede obviarse en la medida en que la PTF se calcule a partir de las Tablas Input–Output. En este caso es posible considerar no sólo los inputs primarios, sino también todos los inputs intermedios procedentes de los diferentes sectores productivos. Así, para cada industria se consideran los inputs en la medida en que son importantes para ella. Los cambios en la estructura tecnológica del sistema productivo se reflejan en cambios en la

---

[204] NOSRWORTHY y JANG (1990), p.12.

[205] Los semiconductores son el ejemplo tradicional. Pero cada vez son más frecuentes los *materiales sintéticos con cualidades específicas de resistencia, aislamiento, peso reducido u* otras en función de las necesidades de los diferentes productos.

[206] Sistemas flexibles de producción y equipamiento informático en especial.

[207] "The 'best' representation of technology in terms of inputs, given the limitations of the data sources, *will vary by industry*". NOSRWORTHY y JANG (1990), p.12.

Universidad de Huelva 2009

matriz de consumos intermedios, y por tanto en la de coeficientes técnicos y finalmente en la inversa de Leontief.

La PTF, calculada como el cociente entre el valor del output agregado y el del conjunto de inputs utilizados en su obtención es en realidad la productividad media ponderada de todos los inputs adquiridos para el proceso productivo, siendo el coeficiente de ponderación la participación de cada input en el total de los costes de producción. Pero, en tanto que resultado de una agregación de valores de inputs y de outputs, la PTF puede variar debido exclusivamente a un cambio en los precios, permaneciendo constantes las magnitudes físicas, que son las que verdaderamente representan la productividad. Para evitarlo se utilizan los precios de un determinado año base para deflactar los valores[208]. El cálculo de la PTF y de sus variaciones puede realizarse, respectivamente a partir de las siguientes expresiones[209]:

$$PTF_i = \frac{\text{Output del año i a precios del año base}}{\text{Inputs del año i a precios del año base}}$$

$$\Delta PTF = \frac{\ln PTF_t - \ln PTF_{t-n}}{n}$$

Recientemente ha sido desarrollado un enfoque alternativo, que es capaz de diferenciar hasta tres componentes en el cambio de la

[208] No obstante la elección del año base se convierte en un problema adicional. Cambios en dicho año base pueden provocar alteraciones cambios en los cambios de la productividad. Aunque en términos agregados y para periodos no demasiado largos no tienen demasiada importancia, pueden llegar a ser relevantes si el cambio tecnológico es intenso y rápido. NOSRWORTHY y JANG (1990), p.14.

[209] Puede verse NOSRWORTHY (1984) para una exposición más detallada.

Universidad de Huelva 2009

productividad [210]. Desde esta perspectiva, se calcula la PTF de la economía a partir de la PTF de cada sector, utilizando para ello como coeficientes de ponderación la participación de cada industria en el output total. Así, distingue tres componentes. En primer lugar un *efecto puro de productividad*, calculado dejando fijos los coeficientes de ponderación. De otro lado el llamado *efecto Baumol*[211], calculado dejando variar los coeficientes de ponderación. Así consigue medir la interacción entre las diferencias intersectoriales en el crecimiento de la productividad y los cambios en la participación en el producto total de las diferentes industrias a lo largo del tiempo. Por último, el llamado *efecto Denison*[212], calculado a partir de las variaciones en los coeficientes de ponderación, ponderados a su vez por la productividad relativa de cada industria respecto a la media del conjunto de la economía. Este efecto mide la influencia de los cambios en la participación de cada industria en el output sobre la productividad agregada. La determinación analítica es la siguiente:

$$A_t = X_t \quad S_t = \sum_i X_{it} \quad \sum_j S_{jt} = \sum_i \frac{X_{it}}{S_{it}} \frac{S_{it}}{\sum_j S_{jt}}$$

donde A_t representa la PTF, X_t el output agregado y S_t es un input compuesto, calculado como el valor del conjunto de inputs incorporados en el sistema productivo. Los subíndices i y j del segundo cociente hacen referencia respectivamente al output y al valor de los inputs de cada

[210] NORDHAUS (2001).

[211] Véase BAUMOL (1967 y 1985) para un estudio más detallado del mencionado efecto Baumol.

[212] Véase DENISON (1967) para mayor detalle.

Universidad de Huelva 2009

industria[213] (siendo $i, j = 1, 2,..., n$) y el subíndice t hace referencia al período considerado. Multiplicando y dividiendo por S_{it} se obtiene el tercer cociente. Si llamamos w_{it} a la participación de cada industria en el total de inputs de la economía ($w_{it} = S_{it} / \sum_j S_{jt}$), podemos reescribir la ecuación anterior de forma más simple, como:

$$A_t = \sum_i A_{it} w_{it}$$

Para calcular las variaciones en la PTF, tenemos:

$$\begin{aligned}\Delta A_t &= \sum_i A_{it} w_{it} - \sum_i A_{it-1} w_{it-1} = \\ &= \left(\sum_i A_{it} w_{it} - \sum_i A_{it-1} w_{it} \right) + \left(\sum_i A_{it-1} w_{it} - \sum_i A_{it-1} w_{it-1} \right) = \\ &= \sum_i w_{it} \Delta A_{it} + \sum_i A_{it-1} \Delta w_{it}\end{aligned}$$

Dividiendo ambos miembros de la igualdad por A_{t-1} para calcular la tasa de crecimiento de la productividad, definiendo $R_{it} = A_{it} / A_t$ como la productividad relativa de cada industria respecto a la del conjunto de la economía y multiplicando y dividiendo el primer sumando por A_{it-1}, tenemos:

$$\frac{\Delta A_t}{A_{t-1}} = \sum_i w_{it} \frac{\Delta A_{it}}{A_{it-1}} R_{it-1} + \sum_i R_{it-1} \Delta w_{it}$$

[213] Es decir, las magnitudes agregadas son la suma (o los índices encadenados) de los output, inputs y productividad de cada industria particular.

Universidad de Huelva 2009

Por último, si notamos $g(A_t)$ a la tasa de crecimiento de la PTF, definimos $s_{it} = w_{it} R_{it-1}$[214] y sumamos y restamos $\sum_i s_{ik} g(A_{it})$ siendo k el año base para el cálculo de los valores en precios constantes, tenemos:

$$g(A_t) = \sum_i s_{ik} g(A_{it}) + \sum_i (s_{it} - s_{ik}) g(A_{it}) + \sum_i R_{it-1} \Delta w_{it}$$

El primer sumando se corresponde con el efecto puro de productividad, el segundo con el efecto de Baumol y el tercero con el efecto de Denison. Desde el punto de vista de los efectos del cambio tecnológico, para nosotros van a ser especialmente importantes los dos últimos efectos. Calculados a partir de las Tablas Input–Output, los cambios en los coeficientes de ponderación de las distintas industrias reflejan cambios en la estructura productiva que provocarán cambios en la matriz de coeficientes técnicos y por ende en la matriz inversa de Leontief. Como veremos más detenidamente en el próximo capítulo, es en dicha matriz en la que se capturan los efectos de los cambios en la estructura tecnológica del sistema productivo.

La otra aproximación a la medición de la productividad puede considerarse parcial, por cuanto sólo presta atención a uno de los factores de la producción, por lo general el trabajo, como ya hemos señalado. Si definimos P como la productividad del trabajo, Q como el volumen de

---

[214] Puesto que $s_{it} = w_{it} R_{it-1} = S_{it} \; S_t \; A_{it-1} \; A_{t-1} = (S_{it} \; S_t)(X_{it-1} \; X_{t-1})(S_{it-1} \; S_{t-1})$, para series temporales "planas" y cortos periodos de tiempo, se tiene que $s_{it} = X_{it} / X_t$. NORDHAUS (2001), p. 7.

Universidad de Huelva 2009

producción y N como el volumen de trabajo incorporado (trabajadores–año, por ejemplo), podemos expresar la productividad como[215]:

$$P = \frac{Q}{N} = \frac{\sum_i Q_i}{\sum_i N_i} = \sum_i \left[\frac{Q_i}{N_i} \frac{N_i}{\sum_i N_i} \right]$$

En la expresión anterior, el subíndice $i = 1,...,$ m hace referencia a los datos de cada industria individual, mientras que en ausencia de dicho subíndice nos referimos a los datos de la economía en su conjunto. Si además definimos $P_i = Q_i / N_i$ como la productividad de la i–ésima industria y $S_i = N_i / \sum_i N_i$ como su participación en el empleo total, podemos definir la productividad del trabajo en el conjunto de la economía como:

$$P = \sum_i [P_i S_i]$$

Hasta aquí tenemos una formulación bastante habitual de la productividad del trabajo: es la media ponderada de la productividad del trabajo en cada industria particular, siendo los coeficientes de ponderación la participación de cada industria en el empleo total. Pero la relación entre productividad y cambio tecnológico no proviene tanto de su nivel como del ritmo y dirección en que se producen sus variaciones. La relación entre los cambios en la estructura productiva y las variaciones en la productividad es una cuestión antigua en el análisis económico[216] y una de las principales

[215] FAGERBERG (2000), p. 401.

[216] REINERT (1993 y 1995) consideran que es una cuestión tan antigua como la propia ciencia

Universidad de Huelva 2009

controversias en este análisis es el método adecuado para calcular las variaciones en la productividad y sus factores determinantes.

Una aproximación interesante por su sencillez es en llamado análisis "shift–share"[217], en el que se calculan las diferencias entre el año de referencia y el año de base, ponderadas por un sistema de pesos que puede corresponderse con la estructura existente el año inicial, el año final o alguna media entre ambos años. Las diferencias en el sistema de ponderación empleado conllevan la aparición de residuos, que diferirán según el método empleado. Una alternativa bastante útil para decidir el sistema de ponderación consiste en interpretar el significado de dichos residuos como el efecto de interacción entre el crecimiento y los cambios en la estructura económica[218]. Esto permite expresar las variaciones en la productividad del trabajo como[219]:

$$\Delta P = \sum_i \left[P_{i0}\Delta S_i + \Delta P_i \Delta S_i + S_{i0}\Delta P_i \right]$$

$$\text{I} \qquad \text{II} \qquad \text{III}$$

económica. No obstante, el primer tratamiento explícito y sistemático es el de SALTER (1960), continuado posteriormente por la literatura del la contabilización o medición del crecimiento (*growth–accounting literature* en la terminología anglosajona), cuya primera expresión es DENISON (1967) y más recientemente YOUNG (1995). Véase FAGERBERG (1994) para una discusión detallada del tratamiento que esta literatura hace de la relación entre cambio estructural y crecimiento gracias al aumento de la productividad. Véase también FAGERBERG (1987) para una discusión de los trabajos previos y una estimación econométrica de la existencia de una relación positiva y cerrada entre las tasas de crecimiento económico de un país y su nivel de desarrollo tecnológico.

[217] Este es el criterio de FAGERBERG (2000), aunque en realidad es una aplicación al análisis del crecimiento de la productividad de una metodología ampliamente utilizada en el análisis del crecimiento económico desde las obras de FABRICANT (1942) y MADISON (1952) y por otros ámbitos de la ciencia económica entre los que destacan la geografía económica, la historia económica y el comercio internacional.

[218] Véase FAGERBERG y SOLLIE (1987) para una justificación de esta idea..

Universidad de Huelva 2009

Lo que expresado en términos de tasas de crecimiento queda:

$$g(P) = \sum_i \left[\underbrace{\frac{P_{i0}\Delta S_i}{P_0}}_{\text{I}} + \underbrace{\frac{\Delta P_i \Delta S_i}{P_0}}_{\text{II}} + \underbrace{\frac{S_{i0}\Delta P_i}{P_0}}_{\text{III}} \right]$$

El segundo sumando es precisamente el que mide el efecto de la interacción entre los cambios (crecimiento) en la productividad de cada industria particular y los cambios en la estructura o distribución del trabajo entre industrias. El primero mide las contribuciones de los cambios en la estructura del empleo al crecimiento de la productividad y el tercero mide la contribución del crecimiento de la productividad en cada industria, ponderado por su participación en el empleo total. Este tercer sumando se corresponde con el efecto puro de productividad, el segundo con el efecto de Baumol y el primero con el de Denison. Desde un punto de vista de la medición del cambio tecnológico, tienen especial importancia el primer y segundo sumandos.

Lógicamente, es de esperar que el primer efecto sea positivo en la medida en que la participación en el empleo total de las industrias de alta productividad crezca en detrimento de las industrias de baja productividad[220]. De forma semejante, el segundo efecto será positivo

---

[219] FAGERBERG (2000), p. 401.

[220] No basta con que crezca la participación en el empleo de las industrias tecnológicamente más progresivas para que se incremente la productividad del conjunto de la economía. Resulta necesario además que se haga en detrimento de las industrias tecnológicamente más débiles y con productividad más baja. Los resultados son completamente distintos si los trabajadores que llegan a la industria de alta productividad procediesen de otras industrias también de alta productividad.

Universidad de Huelva 2009

cuando los sectores de crecimiento más rápido en la productividad también incrementen su participación en el empleo total.

2.2.2. Medidas derivadas de la metodología input–output.

El marco metodológico por antonomasia para el estudio del cambio estructural es el análisis input–output, desarrollado por Leontief en la primera mitad del siglo XX[221]. Pero fue Ann Carter quien ya en la segunda mitad de dicho siglo[222], treinta y cuatro años después de la primera aportación y cuatro más tarde de la publicación de la primera edición del *Input–Output Analysis*, quien demostró que, a medida que aumentaba la disponibilidad de los datos, el alcance del análisis input–output podía extenderse y derivar así interpretaciones teóricas y análisis empíricos mucho más sofisticados.

De forma muy sucinta, la relación entre la tecnología y el análisis input–output puede expresarse a través de la analogía con una receta de cocina[223]. La tecnología que determina el proceso productivo de una industria concreta puede entenderse como la especificación de las cantidades de todos los inputs necesarios para la obtención de su output así como la forma y la proporción en que deben ser combinados. Además, al

---

[221] El primer trabajo al respecto lo constituye su "Quantitative input and output relations in the economic system of the United States", *Review of Economics and Statistics*, vol. 18 (1936), pp. 105–125. Posteriormente publicaría en 1941 su primer análisis de la estructura input–output de la economía norteamericana para 1919 y 1929. Y finalmente en 1966 la primera edición de su *Input–Output Analysis*.

[222] CARTER (1970).

[223] LEONTIEF (1986), p. 393.

Universidad de Huelva 2009

igual que en una receta de cocina, las cantidades de inputs se miden por unidad de output. Un cambio en la tecnología sería equivalente a un cambio en la receta de cocina, mientras que la introducción de un nuevo bien se traduce por un lado en la creación de una nueva receta, pero también en cómo este nuevo bien se incorpora a las recetas de producción de los demás bienes que lo utilizan en su proceso productivo.

En una terminología más precisa, todo sistema económico está compuesto por un amplio conjunto de componentes (sectores, empresas,...) mutuamente interrelacionados de una forma concreta, que viene determinada por la tecnología disponible en cada sector o en cada empresa. Esta interrelación queda reflejada en las transacciones comerciales de unos componentes con otros y los cambios en la tecnología utilizada se reflejarán en cambios en la estructura de las mencionadas transacciones comerciales. Todos los costes de producción y los precios de cada bien y servicio dependen, de un modo u otro, de los precios de los demás bienes y servicios y sus cambios afectan no sólo a la empresa o industria que los introduce, sino también a las demás industrias. Por tanto, la introducción de un nuevo método de producción en un sector no puede ser adecuadamente valorada sin un conocimiento de los cambios que tienen lugar en la estructura input–output de todos los demás sectores[224].

a) Intensidad tecnológica y sectores potencialmente innovadores.

En toda historia de la ciencia y la tecnología, encontraremos en cada momento, de un modo u otro, una división de las distintas industrias y

Universidad de Huelva 2009

sectores productivos en función de su relación con el progreso tecnológico. Así, habrá unos sectores que se caractericen por su dinamicidad tecnológica, incorporen más rápidamente los avances técnicos y se conviertan de este modo en motores del cambio tecnológico. Por otro lado, estarían aquellos otros sectores más conservadores y reticentes a incorporar dichos avances y aquellos a cuyo proceso productivo no se ajustan con facilidad las nuevas tecnologías.

Más recientemente tiende a usarse el calificativo de "alta tecnología" (*high–tech* en terminología anglosajona) para referirse a las actividades tendentes a generar productos y procesos en el ámbito del paradigma tecnológico más avanzado o puntero. Por extensión, se llama "sectores de alta tecnología" a aquellos que incorporan rápidamente y con relativa facilidad los resultados de la "alta tecnología", mientras que aquellos cuyo proceso productivo no guarda relación con la alta tecnología o bien son reticentes a incorporarla por cualquier otro motivo son calificados como "sectores de baja tecnología".

Pero la "alta tecnología" no es un concepto claramente definido. Parece existir consenso en que los ordenadores sí lo son, pero no los reactores atómicos[225]. Sin embargo, a mediados del siglo XX probablemente sí que fueron alta tecnología los mencionados reactores. Es decir, los sectores tecnológicamente más punteros cambian en el tiempo, al igual que cambian los paradigmas tecnológicos.

---

[224] LEONTIEF (1989), p. 289.

[225] PALDA (1986), p. 187.

Universidad de Huelva 2009

Por otro lado, no todos los sectores que clasifiquemos como de alta o baja tecnología son idénticos entre sí. Más bien existen multitud de grados entre ellos. Dicho de otro modo, habrá unos más altos tecnológicamente que los demás de alta tecnología e igualmente habrá unos menos bajos que los demás de baja tecnología. Siendo esto así, la definición y medición (o estimación al menos) de la "intensidad tecnológica" de los distintos sectores productivos sería un método muy útil para clasificarlos y estudiarlos desde el punto de vista de su dinamismo tecnológico.

Para entender y definir la intensidad tecnológica existen dos vías[226]. Desde una vía estrecha, la intensidad tecnológica depende exclusivamente de los esfuerzos directamente realizados por la propia industria para mejorar su capacidad de cambio y avance tecnológicos. Desde una perspectiva más amplia, la intensidad tecnológica depende de todos los esfuerzos incorporados en el output de la industria, tanto si son directamente realizados por ella como si lo fueron indirectamente por sus proveedores y van incorporados en los inputs utilizados en el proceso productivo. No obstante, ambas definiciones tienen en común la necesidad de comparar el esfuerzo (ya sea propio o también de los proveedores) con alguna variable que mida el output, ya sea el valor de la producción o el valor añadido.

A la primera definición la llamaremos "intensidad tecnológica (IT) propia", mientras que a la segunda nos referiremos como "intensidad tecnológica incorporada en el output" (ITO). La IT propia es más útil cuando nos preocupamos de estimular las actividades tecnológicas en un

[226] PALDA (1986), p. 188.

Universidad de Huelva 2009

ámbito o campo tecnológico concreto o cuando pretendemos analizar la viabilidad tecnológica de una determinada industria. La ITO permite analizar el conjunto de flujos tecnológicos existentes entre las diferentes industrias, lo que resulta muy interesante desde la perspectiva del análisis de la adopción y la difusión de la tecnología en el conjunto del sistema productivo, no sólo en el sector en el que primariamente se generan[227].

El cálculo de la intensidad tecnológica propia suele hacerse a través de la proporción de los gastos[228] en I+D sobre el valor añadido o la producción del sector; es lo que previamente hemos llamado esfuerzo investigador. Para el cálculo de la ITO se recurre a los consumos de bienes y servicios intermedios en el proceso productivo del sector que estemos analizando como porcentaje del output de dicho sector. Se trata por tanto de una medida de lo que podemos llamar intensidad tecnológica indirecta, por cuanto no se deriva de actividades propias de investigación y desarrollo tecnológico[229].

Una vez determinada la intensidad tecnológica (propia e indirecta), podemos definir los que llamamos *Sectores Potencialmente Innovadores*.

---

[227] *Ibidem*. PALDA (1986), p. 188.

[228] GRABOWSKI y MUELLER (1978) prefieren considerar la I+D no como gastos corrientes sino como una inversión.

[229] Una primera aproximación puede realizarse a partir de los *Índices de Contenido Tecnológico del Output* (*ICTO*), calculados directamente a partir de la tabla input–output del año *t* y para el sector *j*, según la siguiente expresión:

$$ICTO_{j,t} = \frac{\sum_i a_{ij,t}^{SAI}}{\text{Output}_{j,t}}$$

En esta expresión $a_{ij,t}^{SAI}$ representa el coeficiente de la matriz de consumos intermedios entre el Sector j y cada uno de los i sectores de alta intensidad en investigación e innovación.

Universidad de Huelva 2009

Se trata de aquellos sectores que realizan un mayor esfuerzo investigador que el resto y que por tanto producirán bienes y servicios de mayor contenido que el resto de sectores. La principal idea subyacente es que cuanto mayor sea la proporción de inputs procedentes de los SPI mayor será el contenido (es decir, la intensidad) tecnológico del output del sector que estamos estudiando.

El considerar todos los posibles inputs procedentes de los diferentes SPI soluciona el problema de la determinación del nivel de proveedores en el que cortar la contabilización de inputs con contenido tecnológico planteado por Palda[230]. Sin embargo, plantea un nuevo problema. Ahora resulta imprescindible identificar cuáles son esos SPI y qué criterio se debe seguir para clasificarlos. Además, puesto que no todos los SPI realizarán el mismo esfuerzo investigador, resulta necesario clasificarlos en función de su intensidad tecnológica propia.

Un posible mecanismo de clasificación consiste en atender a sus gastos en I+D[231]. Este criterio clasificador puede combinarse con una evaluación de expertos o de organismos internacionales acerca del nivel tecnológico de los distintos sectores productivos, así como de los productos que suministran. Siguiendo este criterio, desde hace algún tiempo venimos elaborando una lista de los SPI pertinentes para las economías española y andaluza. El criterio de base seguido fue el utilizado por Mikel Buesa y José Molero[232], combinado con los resultados de los trabajos de Luis

[230] PALDA (1986), pp. 195–196.

[231] PALDA (1986), p. 189, Tabla 1, clasifica el conjunto de la industria manufacturera a un nivel de agregación de 15 sectores siguiendo este criterio.

[232] BUESA y MOLERO (1992).

Universidad de Huelva 2009

Palma, José Luis Martín, Carlos Villar y Asunción Rodríguez[233], dando lugar a una tabla en la que se recogían 23 de los 56 sectores en que se agregan las actividades en la clasificación R–56 habitualmente utilizada en las tablas input–output de la economía andaluza.

Más recientemente, a partir de los trabajos de la Fundación COTEC[234] hemos podido clasificar los sectores industriales en tres categorías según su intensidad tecnológica: alta, media y baja[235]. Por último, atendiendo a la Comunicación sobre Políticas en Apoyo del Empleo que tuvo lugar en el Consejo Europeo de Lisboa el 23 y 24 de marzo de 2000, en el que se expusieron los sectores de alta tecnología identificados por EUROSTAT, hemos extendido la anterior clasificación también a los servicios.

El resultado conjunto es la Tabla 2.2, en la que se indican los SPI a un nivel de desagregación R–56 y si es de alta, media o baja intensidad tecnológica. Las principales diferencias de esta tabla respecto a las que hemos utilizado anteriormente[236] son la inclusión de las comunicaciones (telecomunicaciones en especial) dentro de los sectores de alta intensidad tecnológica y el paso de la química de fertilizantes y fitosanitarios de media a alta intensidad tecnológica, en ambos casos siguiendo las recomendaciones de EUROSTAT al Consejo de Europa.

---

[233] PALMA, MARTÍN Y VILLAR (1992), PALMA, MARTÍN Y RODRÍGUEZ (1992).

[234] FUNDACIÓN COTEC (1997).

[235] Esta clasificación la hemos utilizado en GARCÍA y PALMA (1999), PALMA y GARCÍA (2000) y PALMA, GARCÍA y MARTÍN (2000).

[236] Véase GARCÍA y PALMA (1999), PALMA y GARCÍA (2000) y PALMA, GARCÍA y MARTÍN (2000) *como ejemplos más recientes*.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 2.2. SECTORES POTENCIALMENTE INNOVADORES SEGÚN CLASIFICACIÓN R56

	SECTORES R56	INTENSIDAD TECNOLÓGICA
4	MINAS Y CANTERAS	
6	ENERGÍA ELÉCTRICA	
7	PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN GAS	
8	CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN AGUA	
9	PRODUCCIÓN Y PRIMERA TRANSFORMACIÓN DE METALES	MEDIA
10	TIERRAS. PIEDRA Y PRODUCTOS CERÁMICOS.	
14	QUÍMICA BÁSICA	MEDIA
15	FERTILIZANTES Y FITOSANITARIOS	MEDIA
16	OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS	MEDIA
17	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS	
18	MAQUINARIA Y EQUIPO MECÁNICO	MEDIA
19	MAQUINARIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	ALTA
20	AUTOMÓVILES Y SUS PIEZAS	MEDIA
21	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN NAVAL	
22	OTROS MATERIALES DE TRANSPORTE	MEDIA
42	CAUCHO Y PLÁSTICO	MEDIA
43	OTRAS MANUFACTURAS	MEDIA
44	EDIFICACIÓN Y ACTIVIDADES ANEXAS	
45	OBRAS PÚBLICAS	
49	TRANSPORTE	
50	COMUNICACIONES	ALTA
51	INSTITUCIONES FINANCIERAS	
52	SEGUROS	

FUENTE: Buesa y Molero (1992), García, Martín y Palma (1994), Fundación COTEC (1997) y Comunicación al Consejo Europeo de Lisboa (2000).

Sin embargo, en dicha tabla no aparecen las "actividades informáticas y de software", de las que sólo disponemos de datos desagregados a partir de 1995. Previamente, una parte se encontraba integrada en el volumen de negocios de las empresas que se dedican al montaje y ensamblado de equipos informáticos y conjuntamente a la instalación y adaptación de programas informáticos, por lo general desarrollados en el exterior. Otra, integrada dentro del sector "servicios a empresas", junto con los servicios jurídicos, de limpieza, de vigilancia y seguridad, entre otros. No parecía razonable incluirlas dentro de los sectores potencialmente innovadores. Sin embargo, cuando encontramos datos de estas actividades de forma separada

Universidad de Huelva 2009

en las TIOAN y TIOE 1995, sí que deben incluirse entre los SPI de alta intensidad tecnológica. No obstante, en Andalucía su peso se reduce al 0,83% de los inputs intermedios y el 0,41% del total de empleos, en 1995.

Así, podemos calcular el nivel tecnológico de cada sector y del conjunto de la economía a partir de los *Índices de Contenido Tecnológico (ICT)*, que definimos, para el sector j y el año t, como:

$$ICT_{j,t} = \frac{\sum_k a_{kj.t}^{SPI}}{\sum_i a_{ij.t}}$$

donde $a_{kj,t}^{SPI}$ representa el input del sector j procedente de cada uno de los k SPI (coeficientes de la matriz de consumos intermedios entre el sector j y cada uno de los K SPI) y $a_{ij,t}$ es el coeficiente de la mencionada matriz entre los sectores j e i.

La definición de tres niveles distintos de intensidad tecnológica dentro de los SPI nos lleva a calcular tres tipos de ICT, uno global, otro medio–alto y otro alto según incluyamos, respectivamente, todos los SPI, sólo los media y alta o sólo los de alta intensidad tecnológica. Además, puesto que en las tablas input–output es posible diferenciar los inputs procedentes del interior de la economía de aquellos otros importados del resto del mundo, podemos calcular cada uno de estos tres índices para los inputs totales o sólo para los inputs interiores.

Universidad de Huelva 2009

b) Los flujos de gastos en I+D.

Siguiendo la línea presentada en el epígrafe que acabamos de concluir, podemos considerar que las relaciones técnico–económicas entre los distintos sectores constituyen uno de los elementos claves, tanto en la determinación de la estructura de los sistemas tecnológicos de los distintos países y regiones, como para la evaluación y explicación de los cambios estructurales que suceden a lo largo del tiempo.

Para ello es necesario construir una matriz de flujos de innovación incorporados en los flujos de producción total necesarios para abastecer la demanda final de la economía, que constituye el análisis más consistente con la noción de sistema tecnológico[237]. Esta matriz, a la que llamamos **F**, se construye a partir de la ecuación, derivada del que llamaremos modelo de Marengo–Sterlacchini[238]:

$$\mathbf{F} = \hat{\mathbf{r}}(\hat{\mathbf{x}})^{-1}\mathbf{B}\hat{\mathbf{d}}$$

donde $\hat{\mathbf{r}}$, $\hat{\mathbf{x}}$ y $\hat{\mathbf{d}}$ son las matrices diagonales resultantes de transformar, respectivamente, los vectores de innovación generada por cada sector, producción sectorial y demanda final, mientras que **B** es la matriz inversa de Leontief.

---

[237] "...the analysis of innovation flows embodied into total production flows activated by the final demand is the most consistent with the notion of TS [Technological System] we consider". LEONCINI Y MONTRESOR (1999), p. 18.

[238] Fueron MARENGO y STERLACCHINI (1990) quienes desarrollaron el modelo de flujos tecnológicos intersectoriales y LEONCINI, MAGGIONI y MONTRESOR (1996) quienes utilizaron este tipo de análisis para estudiar los sistemas tecnológicos nacionales.

Universidad de Huelva 2009

También hemos puesto de manifiesto las dificultades existentes para cuantificar la actividad innovadora de las empresas y sectores productivos, por lo que se hace necesario utilizar una variable *proxy* para estimar la ecuación y poder realizar análisis empíricos. Como también hemos visto los gastos en I+D y las patentes constituyen los indicadores más usados como medidas, respectivamente, del input y el output de la actividad innovadora. Nosotros, siguiendo el criterio de Marengo–Sterlacchini, vamos a centrar nuestro análisis en la medida de la actividad innovadora a partir de la variable *proxy* que constituyen los gastos en I+D, tanto por la mayor disponibilidad de datos regionalizados de esta variable, como por la dificultad para obtener series de los datos de patentes a nivel regional[239].

Así, el elemento característico de la matriz **F**, f_{ij}, mide la innovación producida (gasto en I+D realizado) por el sector i que queda incorporado en la producción final del sector j.

Al considerar el conjunto de interrelaciones técnico–económicas estamos considerando la economía como un sistema. Esto significa que entendemos que está formada por un conjunto de componentes cuyas relaciones definen un comportamiento global (una especie de "identidad") con características que le son propias y que no pueden derivarse de las características individuales de las diversas unidades o componentes que la constituyen. Por ello, al estudiar el sistema deberemos hacerlo tomando en consideración su peculiar identidad, al tiempo que deberemos analizar cada unidad que lo compone, no de forma aislada, sino en función de las

[239] Para una discusión más detallada, véase ACOSTA y CORONADO (1992), en que se estudia la actividad patentadora en Andalucía.

Universidad de Huelva 2009

relaciones que mantiene con el resto de unidades que componen el sistema económico[240].

En este contexto sistémico, debemos considerar la innovación no como el producto del comportamiento individual de agentes maximizadores del beneficio, sino como resultado de una dinámica particular, determinada tanto en el ámbito sectorial como de forma global en el conjunto de la economía, ya se trate de una región o de un país.

A partir de la matriz de flujos de innovaciones tenemos dos posibilidades para medir el nivel tecnológico. Una consiste en realizar una suma por columnas y ver así los requerimientos de I+D de cada sector para producir el volumen necesario para abastecer su demanda final. La otra consiste en calcular los ICTO para la matriz de flujos tecnológicos de forma semejante a como lo hacíamos para la matriz de consumos intermedios, distinguiendo igualmente según la intensidad tecnológica de los requerimientos o flujos de I+D procedentes de los SPI.

[240] LEONCINI *et al.* (1996), p. 416.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 3. EL CONCEPTO Y LAS MEDIDAS DE LA DIFUSIÓN TECNOLÓGICA.

3.1. INTRODUCCIÓN.

El análisis económico, habituado al uso de la estática comparativa (análisis del equilibrio), ha centrado su atención en buscar respuestas que le permitan comprender qué ocurre bajo determinadas circunstancias y por qué, mientras muestra una falta de interés por la respuesta a cuándo ocurren las cosas. Quizá sea debido a que los fenómenos sociales conllevan elecciones individuales (a menudo interdependientes) para las que no existe un sistema métrico, al tiempo que los individuos están aprendiendo a la vez que toman sus decisiones, lo que modificará sus elecciones futuras. Desde esta perspectiva, no resulta sencillo comprender por qué es necesario que transcurra un largo período de tiempo para que sucedan determinadas cosas (se tomen determinadas decisiones), especialmente cuando se analizan retrospectivamente decisiones cuya adopción temprana hubiese proporcionado elevados beneficios. La difusión de las nuevas tecnologías es un excelente ejemplo de este problema[1].

El avance tecnológico requiere que se cumplan tres elementos[2]. En primer lugar, que se lleven a cabo unas actividades de investigación y

[1] GEROSKI (1999), p. 7.

[2] Estos tres elementos forman parte del sistema de innovación y son interdependientes entre sí. No debe extraerse de nuestra exposición ordenada una necesaria relación lineal entre ellos, inexistente en la realidad. En el primer capítulo ya hemos discutido las diferencias entre la

Universidad de Huelva 2009

desarrollo[3] que den lugar a invenciones potencialmente beneficiosas para la industria. En segundo, que estas invenciones se transformen en innovaciones, de forma que sean aplicables por las empresas y por tanto susceptibles de ser intercambiadas en el mercado. Por último, que se reconozca la innovación como un método de producción más eficiente o un producto mejorado por la empresa que lo introdujo y sea seguida por las demás empresas de la industria. Este último proceso constituye la difusión[4].

En este contexto, puede afirmarse que la velocidad del avance técnico en la economía viene determinada, en orden creciente de importancia, por los siguientes factores[5]: la frecuencia con que se generan invenciones, la rapidez con que dichas invenciones son transformadas en innovaciones directamente utilizables por la empresa, el volumen de actividad necesario para modificar el proceso productivo existente e incorporar exitosamente el nuevo proceso o producir el nuevo bien, y la velocidad a la que el proceso de difusión de unas empresas a otras tiene lugar.

En el segundo capítulo hemos hecho hincapié en las actividades de investigación y desarrollo tecnológico (I+D), integradas en los Sistemas de Innovación o Sistemas Ciencia–Tecnología–Industria, como elementos capaces de generar innovaciones tecnológicas, explicando así el nivel y el

---

visión lineal de la innovación, de corte schumpeteriano, y la visión sistémica, más acorde con la realidad.

[3] Esta posición es un tanto estricta. En realidad, aunque cada vez más las innovaciones son el fruto de la búsqueda deliberada, también es posible que surja alguna innovación como resultado de algún hecho relativamente azaroso e inesperado. Además la investigación puede ser más o menos básica o aplicada, e incluso ser desarrollo tecnológico, según el sector y según cada innovación concreta.

[4] GOTTINGER (1986), p. 442.

[5] NABSETH y RAY (1974), citados por GOTTINGER (1986), pp. 442–443.

Universidad de Huelva 2009

progreso tecnológicos. En este capítulo, vamos a poner el énfasis en la otra cara del progreso tecnológico, la capacidad para adoptar las nuevas tecnologías, ya sean generadas por la propia empresa o en el exterior. Es decir, nos centraremos, por un lado, en los mecanismos de transferencia de la tecnología entre empresas, que pueden realizarse a través de tres canales principales: la imitación, la concesión de licencias y la cooperación en I+D, y por otro, en la medición de la difusión de la tecnología al conjunto del sistema productivo y de la sociedad mediante la incorporación de inputs intermedios con alto contenido tecnológico[6] en los procesos productivos, lo que acabará elevando el contenido tecnológico de todos los bienes finales, esparciéndose de esta forma en el conjunto de la economía.

La importancia de la difusión de las nuevas tecnologías ya fue destacada especialmente por Marx y Schumpeter, aunque desde puntos de vista diferentes[7]. Una justificación para esta consideración la tenemos en que, por ejemplo, en el caso de una innovación de proceso cuyo efecto es una reducción de los costes unitarios de producción (un aumento de la productividad) el ritmo de difusión de la nueva tecnología determinará la rapidez del crecimiento de la productividad del sector que introduce la innovación y por extensión del conjunto de la economía. Análogamente, en el caso de una innovación de producto, el hipotético incremento del bienestar que los consumidores obtengan de dicho producto sólo será significativo en el momento en que su consumo esté suficientemente extendido. Es decir, aunque sea lugar común asociar el cambio tecnológico

[6] En el segundo capítulo hemos definido cuáles son dichos sectores.

[7] Ambos han sido ampliamente señalados en el primer capítulo.

Universidad de Huelva 2009

con las actividades de I+D o la generación de nueva tecnología[8], lo cierto es que sólo cuando dichas nuevas tecnologías se introducen en el sistema productivo pueden generar los beneficios potenciales que tienen asociados[9].

Sin embargo, la atención prestada por el cuerpo de la Ciencia Económica a los aspectos de la difusión del cambio tecnológico era muy reducida, cuando no inexistente, hasta finales de la década de 1950 y principios de la de 1960. Estos estudios iniciales sólo prestaban atención a la difusión en el tiempo, olvidando de forma casi completa hasta la década de 1970 la difusión en el espacio. Las conclusiones que podemos extraer de los estudios realizados desde entonces son especialmente dos: en primer lugar, se trata de un proceso lento que requiere una media de entre cinco y diez años para que al menos la mitad de las mayores empresas de un sector hayan incorporado la nueva tecnología e incluso varias décadas hasta que sea incorporada por más del 90% de las empresas que componen el conjunto del sistema productivo o un sector si se trata de una tecnología específica (esto sin contar que la sustitución de la antigua tecnología por la nueva no es inmediata sino que requiere un período de adaptación), y en segundo, existen numerosas diferencias de unos sectores a otros, que pueden ir desde los tres a los veinticinco años[10]. Desde una perspectiva de

---

[8] KARSENAS y STONEMAN (1995), p. 265 califican esta asociación de falacia, reconociendo que es demasiado frecuente en la concepción de la política pública e incluso a veces en las discusiones académicas.

[9] "The results of industrial R and D, to be economically important, must be accepted and used". MANSFIELD (1969), p. 69.

Véase también BAPTISTA (1999), p. 107, para quien: "The effect of technological change on economic welfare depends ultimately upon the degree to which innovations are diffused".

[10] Véase ROMEO (1975) y MANSFIELD (1987), p.842. La tendencia no obstante es a una reducción en los tiempos necesarios para la difusión de las innovaciones, especialmente en la medida en que las nuevas tecnologías de la comunicación juegan un papel cada vez más

Universidad de Huelva 2009

Economía Regional, estaríamos ante el supuesto de movilidad imperfecta de la tecnología y el conocimiento[11], lo que puede ser un elemento generador de desequilibrios permanentes entre las regiones en vez de crear un proceso de convergencia tal y como se preveía en la Teoría Neoclásica, que consideraba la difusión perfecta e inmediata de toda innovación.

Queremos realizar en este momento una precisión. Aunque en general no existen grandes diferencias a efectos prácticos en cuanto a los principios fundamentales del análisis de la difusión tecnológica, según se trate de una innovación de producto o bien de un nuevo proceso productivo, sí que existe al menos una diferencia en cuanto a la clasificación de los agentes de cuyas decisiones depende el proceso de difusión. Así, mientras ante una innovación de proceso consideraremos a los agentes como empresas o productores, en el caso de un nuevo producto estudiaremos cómo se difunde entre los consumidores.

Por otro lado, la mayor parte de los estudios empíricos[12] se han centrado en las innovaciones de proceso, quedando al margen las innovaciones de producto, aunque como hemos dicho y como veremos más adelante, no existen diferencias sustanciales entre ambos tipos de

---

importante en el proceso de difusión. El propio MANSFIELD (1985) ya señalaba que la información acerca de las decisiones de desarrollo está en manos de los rivales entre 12 y 18 meses después de tomada, mientras que la información sobre la naturaleza detallada de un nuevo producto o proceso lo está aproximadamente en un año. Lógicamente el periodo necesario para que sean generalmente adoptados por el conjunto de usuarios potenciales es más dilatado.

[11] Este supuesto fue introducido por SIEBERT (1969), en su estudio sobre los modelos de crecimiento económico regional y su análisis de las políticas regionales.

[12] HURTER y RUBINSTEIN (1978), p. 216, consideran que pueden clasificarse en tres grupos: *enfoques socio–psicológicos, enfoques desde la perspectiva del análisis económico* de la organización industrial y enfoques científico–culturales.

Universidad de Huelva 2009

innovación a efectos de estudiar su difusión. Dado que el objetivo de nuestro trabajo es el análisis de la economía industrial, nos centraremos en el intercambio de bienes intermedios entre las distintas empresas. No obstante, consideramos que el consumo o la utilización de la nueva tecnología (ya se trate de un nuevo proceso productivo o bien de un nuevo producto) suponen ambos una difusión de la tecnología existente[13]. Más concretamente, en un marco Input–Output, en la medida en que la demanda de bienes de consumo final impulse a las empresas a producir más bienes, necesariamente tendrán que incorporar más inputs procedentes de sectores potencialmente innovadores, en mayor medida cuanto mayor sea la intensidad tecnológica del bien de consumo.

El estudio de la difusión tecnológica ha sido abordado desde diferentes campos, como por ejemplo la Geografía y el Márketing. No obstante, nosotros nos centraremos en aquellos aspectos directamente relacionados con el Análisis Económico, dejando expresamente al margen las cuestiones que caen dentro del ámbito de la Gestión y Organización de Empresas así como aquellas otras que se encuadran en el ámbito de la Geografía.

Para ello, desarrollamos a continuación tres puntos fundamentales. En el primero de ellos estudiaremos las distintas formas en que las innovaciones pueden difundirse entre las distintas empresas. En el segundo, nos centraremos en los principales modelos que se han desarrollado para explicar la difusión temporal de las innovaciones. Finalmente, en el tercero,

[13] En ocasiones, una misma tecnología puede ser usada tanto por consumidores como por productores, aunque con objetivos diferentes. Tal es el caso de la microinformática.

Universidad de Huelva 2009

desde un marco Input–Output, plantearemos un modelo para estimar el nivel de difusión de la tecnología en una determinada región.

3.2. CONCEPTO Y MODOS DE DIFUSIÓN.

La adopción de una nueva tecnología forma parte del comportamiento de las empresas en busca de incrementar sus beneficios. La adopción inmediata de una nueva tecnología no siempre es rentable debido a la existencia de "costes hundidos" asociados a la tecnología antigua, que no siempre es capaz de compensar la nueva[14]. No obstante, los estudios empíricos muestran que los no adoptantes experimentan reducciones en sus beneficios cuando otros sí que adoptan la nueva tecnología; además, los adoptantes obtienen mayores beneficios en una cuantía que depende de las características de la industria, el número de adoptantes y los costes de adquisición de la nueva tecnología[15].

Como ya hemos señalado, las empresas tienen dos formas fundamentales de incorporar tecnología, ya sea generándola internamente, o bien adquiriendo aquellas innovaciones que han sido generadas por otros agentes. Esta segunda vía la conocemos como difusión de tecnología en contraposición a la primera, que conocemos como generación propia de

[14] BROZEN (1951) fue el primero en señalar que la existencia de costes hundidos tiene como efecto retrasar la adopción de una innovación reductora de costes. Así, cuando los costes totales de la nueva tecnología no son inferiores a los costes variables de la antigua (innovación no drástica), la nueva no debe adoptarse hasta que por el proceso de depreciación y desgaste del capital instalado sea rentable. La razón es que los costes hundidos (costes fijos) deberán sumarse tanto a la tecnología antigua como a la nueva, lo que equivale a no tenerlos en cuenta. Es decir, debemos comparar costes totales de la tecnología nueva con los costes variables de la antigua. Véase también PASHIGIAN (1996), pp. 303–310 y 348–352.

[15] Véase STONEMAN y KWON (1996) para un estudio econométrico de la relación entre beneficios y adopción de la tecnología, en el que se extraen estas conclusiones.

Universidad de Huelva 2009

tecnología. Esto nos permite hablar, respectivamente, de innovación por difusión frente a innovación por generación propia de tecnología. Es sólo a través del proceso de difusión de la tecnología al conjunto del sistema productivo y de sus usuarios o consumidores potenciales como se genera el verdadero impacto macroeconómico de las innovaciones. En ausencia de este proceso de difusión, dicho impacto es muy reducido y, en ocasiones, puede ser residual si la difusión fracasa[16].

3.2.1. El concepto de difusión de la tecnología.

La difusión es un proceso extremadamente complejo[17]. No consiste en una simple copia y adopción. Se trata por el contrario de un proceso que, por lo general, requiere un conjunto de múltiples modificaciones y adaptaciones, que son los factores de los que va a depender la rapidez e intensidad del proceso de difusión[18].

La difusión depende por un lado de la demanda (de empresas o de usuarios y consumidores) dirigida a la nueva tecnología o al nuevo producto con ella producido. Pero también depende de la capacidad que

[16] ROSENBERG (1972), p. 3, expresa esta idea con las siguientes palabras: "New techniques exert their economic impact as a function of the rate at which they displace older techniques and the extent to which the new techniques are superior to the old ones".

Más recientemente, KARSENAS y STONEMAN (1995), p.265, lo expresan de la siguiente manera: "...it is only as new techniques are introduces into the economy that the benefits of those new technologies will be realized".

[17] ROGERS (1983), p. 1. Apoya su argumentación en las palabras de Benjamin Franklin y de Nicolas Maquiavelo. Del primero cita que se requiere un dilatado periodo de tiempo para cambiar las prácticas existentes por otras mejores, puesto que ello requiere cambiar los prejuicios y convencer a sus usuarios potenciales. Del segundo, que no hay nada más difícil de planificar, más peligroso de gestionar y de más dudoso éxito que la creación de un nuevo orden de cosas.

[18] ROSENBERG (1976), pp. 88–90.

Universidad de Huelva 2009

tengan los oferentes de dicha tecnología para realizar las oportunas modificaciones y adaptaciones que permitan resolver los "problemas de detalle" y que determinan las características, prestaciones y potencialidades de la tecnología en un entorno concreto[19].

Un tercer factor clave, que puede dificultar o acelerar el proceso de difusión, lo constituyen las complementariedades, no sólo tecnológicas (como es obvio) sino también de muy diversa índole comercial y logística. Entre las complementariedades comerciales destaca la existencia de un servicio post–venta y de mantenimiento eficaz y con una implantación y extensión geográficas (densidad) suficientes. Las complementariedades logísticas hacen referencia a la existencia de una red de distribución suficientemente densa y compatible con las necesidades de la demanda, para los materiales, herramientas, materias primas, recambios y productos "consumibles", necesarios para el correcto funcionamiento de la nueva tecnología.

En cuarto lugar están las mejoras en la innovación, posteriores a su primera introducción, para su mejor adaptación a todos sus usos potenciales. Sin dichas mejoras carecería de interés frente a la tecnología antigua en muchos casos. Como quinto elemento está el desarrollo de habilidades en los usuarios de las innovaciones para así poder explotar todas sus potencialidades. Igualmente deben desarrollar habilidades los productores del bien en que se materializa la nueva tecnología, para diseñarlo adaptarlo y producirlo en cuantía suficiente y a precios

[19] VEGARA (1989), p. 73. Sin embargo, como señala METCALFE (1981), p. 348, en la teoría económica existe un sesgo que privilegia el papel de la demanda.

Universidad de Huelva 2009

relativamente bajos. Por último, no debemos olvidar los efectos del marco institucional en el que tiene lugar el proceso de difusión [20].

Pero la tecnología no sólo se manifiesta en determinados bienes físicamente perceptibles o capital físico; es también todo un conjunto de conocimientos e información de muy diversa índole[21], tanto capital humano como información. De forma general, podemos entender cada vez más la tecnología como conocimiento[22], explícito y tácito, que tiene alguna utilidad para el proceso productivo[23]. Este conocimiento es susceptible de ser transmitido (voluntaria e involuntariamente) por quienes lo poseen y se transforma así en información o conocimiento codificado.

La información puede ser difundida hacia el exterior y, por otro lado, incrementarse con información adicional procedente también del exterior, así como con conocimiento tácito (no codificado) e incluso con intuición. Toda esta información está disponible, pero no es directamente utilizable

---

[20] Resulta a todas luces evidente la imposibilidad de difusión del uso de motores eléctricos sin la existencia paralela de una red de producción y distribución suficiente y eficaz de energía eléctrica relativamente barata. Igualmente, sin una red de gasolineras adecuada nunca se hubiera podido difundir el uso del automóvil. Véase ROSENBERG (1972), VEGARA (1989) y MOWERY y ROSENBERG (1998) para un análisis más detallado de los factores que afectan a la difusión, especialmente los relacionados con las complementariedades.

[21] Ya hemos discutido los distintos tipos de conocimiento asociados a la innovación en el primer capítulo.

[22] En LAYTON (1974) encontramos una temprana definición de la tecnología como conocimiento. Además, a medida que va tomando cuerpo la llamada "economía basada en el conocimiento", la visión de la tecnología como conocimiento e información gana extraordinariamente en verosimilitud. El enfoque que presentamos a continuación ha sido extraído de una discusión con los profesores Fiorenzza BELUSSI y Luciano PILOTTI, de la Universidad de Florencia, en el seno del First Regional Enterprise Network Congress (REN), que tuvo lugar en Praga, los días 21 y 22 de noviembre de 2000.

[23] Desde esta perspectiva, la capacidad para fabricar y/o utilizar bienes de capital forma parte del conocimiento expreso.

Universidad de Huelva 2009

en el proceso productivo. Para ello se requiere que la información sea procesada por el usuario y, a continuación, difundida interiormente para que pase a ser así nuevo conocimiento útil (en parte explícito, pero también tácito) y a formar parte del acervo de conocimientos útiles, recomenzando así el círculo de difusión.

Podemos decir por tanto que existen dos líneas cruzadas de difusión, una interna y otra externa. En la difusión interna se combina el conocimiento ya existente con nueva información (generada en el interior o adquirida en el exterior) para obtener nuevo conocimiento. En la difusión externa se intercambia información con el exterior en ambos sentidos. Por un lado, de la propia actividad productiva y del proceso de transmisión interior de la información se genera, voluntaria e involuntariamente, información útil que fluye hacia el exterior. De igual modo fluye información de forma involuntaria desde el exterior hacia la empresa.

Es en este doble proceso en el que juegan un papel crucial las redes de información y la estructuración e interconexión de los sistemas productivos, especialmente en contextos en los que predominan las empresas de dimensión pequeña y mediana.

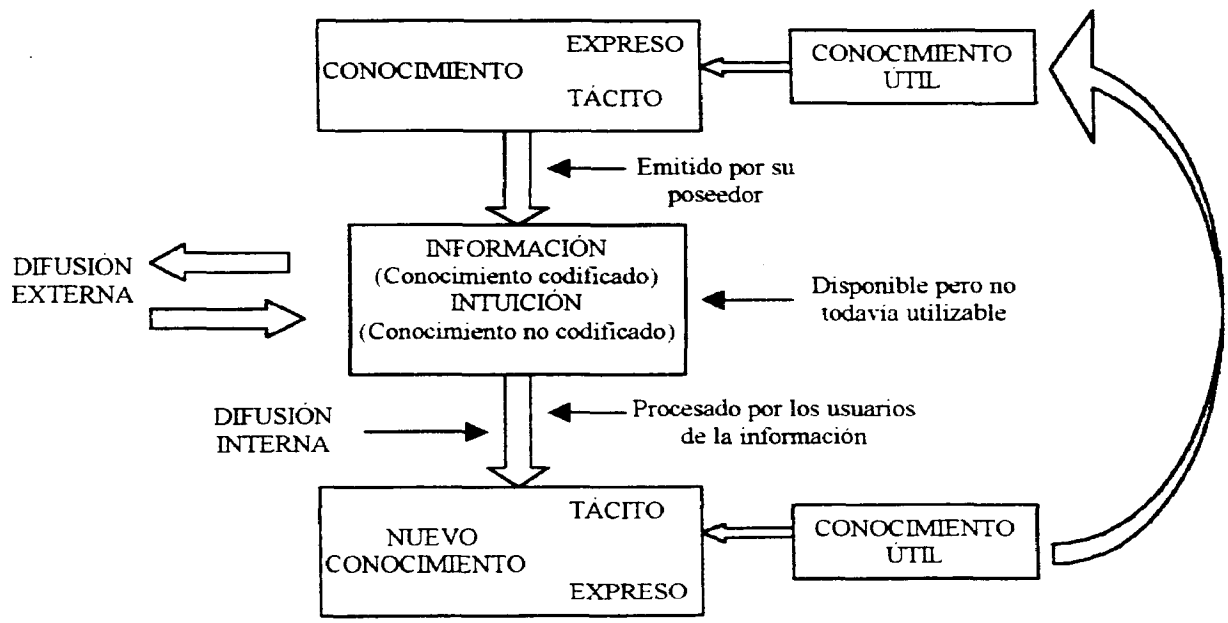
Todo esto queda resumido en la Figura 3.1 en la que se representa la difusión del conocimiento, entendiéndolo como expresión general de la tecnología[24]. La difusión puede entenderse como el proceso por el cual una innovación es comunicada a través de determinados canales, a lo largo del

[24] Al igual que el texto que la desarrolla, la figura ha sido extraída de la exposición y posterior discusión con los profesores BELUSSI y PILOTTI en el seno del congreso REN ya mencionado.

Universidad de Huelva 2009

tiempo, entre los miembros de un sistema social y/o económico. Se trata de un tipo especial, en el que los mensajes son nuevas ideas y los participantes crean e intercambian información en un proceso de convergencia (si es que la difusión tiene éxito) de doble sentido. En este proceso la novedad de la idea es la que por un lado otorga a la difusión su carácter especial como proceso de comunicación y, por otro, le imprime cierto grado de incertidumbre[25].

FIGURA 3.1. DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO.



Fuente: BELUSSI y PILOTTI (2000), discusión en el *First REN Congress*, Praga, 21 y 22 de noviembre de 2000.

Son por tanto cuatro los elementos de que consta el proceso de difusión: en primer lugar debe haber una innovación; además deben existir unos canales de comunicación; el sistema social y económico en el que se

[25] ROGERS (1983), pp. 5–6.

Universidad de Huelva 2009

ha de difundir la innovación, y por último, el período de tiempo en el que tiene lugar el proceso[26].

Pero la difusión de la tecnología no es un proceso en el que simplemente se generaliza el uso de una innovación, que supone una mejora respecto a las técnicas existentes. Habitualmente la nueva técnica compite con las ya existentes e incluso es posible que en determinados momentos sean varias las nuevas técnicas que compiten entre sí[27]. Cuando tiene lugar esta competencia entre tecnologías no aparecen rendimientos decrecientes de forma que se llegue a un equilibrio óptimo en el nivel de difusión de cada tecnología. Más bien al contrario, se producen rendimientos crecientes una vez adoptada una de las tecnologías por un número suficiente de usuarios[28]. Surgen así unas externalidades positivas para dicha tecnología que favorecen y refuerzan su difusión.

La fuente de esta externalidad está en la irreversibilidad de la adopción de una tecnología[29], que se debe a la existencia de diversos fenómenos que otorgan a la innovación tecnológica un carácter acumulativo. Entre estos fenómenos encontramos el aprendizaje por el uso, que hace que las posibilidades de reducción de costes derivadas de la nueva

---

[26] ROGERS (1983), pp. 11–33.

[27] "La difusión de la tecnología es, ciertamente, una cuestión compleja que se ve condicionada por la variabilidad del comportamiento de los agentes económicos, en la que las nuevas opciones suelen aparecer como factores de enfrentamiento con otras pautas de actividad ya establecidas". METCALFE (1992), p. 216.

[28] A este "número suficiente de usuarios" se le conoce como "masa crítica", o cantidad mínima de adoptantes necesaria para que surjan los rendimientos crecientes. Véase ALLEN (1988) y FORAY (1992) para un estudio más detallado.

[29] *Technological lock-in* en terminología anglosajona. Para un estudio más detallado puede verse ARTHUR (1989) y FORAY (1992), entre otros.

Universidad de Huelva 2009

tecnología crecen exponencialmente a medida que se van resolviendo problemas cotidianos y se va mejorando gradualmente diversos aspectos de su funcionamiento[30]. Por otro lado, encontramos las externalidades de red asociadas a la utilidad de una tecnología ampliamente adoptada en aquellas industrias en que los procesos de comunicación y los sistemas de logística y abastecimiento son cruciales. En estos casos, existen economías de escala en la producción y complementariedades tecnológicas, que requieren, para la difusión de la tecnología, la puesta a punto y difusión de técnicas confluyentes y asociadas, que aseguran la mejora de los resultados de la tecnología considerada[31]. El principal efecto es que la tecnología generalmente adoptada no necesariamente es la mejor de las que compiten entre sí. Dicho de otro modo, si la externalidad juega en contra de una nueva tecnología más avanzada, ésta puede fracasar en su proceso de difusión a pesar de ser superior.

Hasta ahora hemos señalado que la difusión puede ser voluntaria e involuntaria, pero no hemos prestado atención a los motivos que las empresas pueden tener para participar en el mencionado proceso de difusión. En cuanto a la difusión vertical por parte de un innovador, los motivos son los mismos que caracterizan las transacciones de mercado en general: garantizarse el aprovisionamiento de las materias primas,

---

[30] *Learning by using*, expresión debida a ROSENBERG (1982), como proceso de aprendizaje distinto del que ARROW (1962) llamara "*learning by doing*" o aprendizaje por la práctica. El aprendizaje por el uso genera unos resultados que, por un lado influyen en los procedimientos operativos y en las tareas de mantenimiento del bien de capital y, por otro lado, pueden generar una corriente de retroalimentación hacia los procedimientos de diseño y concepción del bien de capital.

[31] Véase ROSENBERG (1982) para un estudio detallado y una perspectiva histórica de la existencia de interdependencias tecnológicas.

Universidad de Huelva 2009

materiales y componentes en cantidad y calidad suficiente y favorecer la compra de su producto (ya sea un nuevo producto o un bien producido con un nuevo proceso), según se trate, respectivamente, de una difusión hacia los proveedores o hacia los clientes[32]. Pero los innovadores tienen un incentivo adicional para fomentar la difusión a través de la concesión de licencias. De este modo consiguen que se expanda la demanda del mercado al haber más oferentes y ello les permite, por un lado, incrementar los beneficios derivados de la innovación a través de los cánones y royalties cobrados por las licencias. Además, de otra parte, les permite limitar la competencia a la calidad y no a las cantidades o los precios; los beneficios de oligopolio son así menos sensibles a la competencia[33].

En cuanto al "no innovador", los incentivos para participar en el proceso de difusión son los derivados de su comportamiento maximizador del beneficio, ya sea para incrementar sus beneficios hasta niveles parecidos a los del innovador, ya para no perder cuota de mercado y/o experimentar reducciones en sus beneficios[34]. Desde el momento en que decide que es beneficioso para él adoptar una determinada innovación desarrollada por otro (o incorporar en su proceso productivo un input

[32] BALDWIN y SCOTT (1987), p. 117.

[33] SHEPARD (1987).

[34] Esta dicotomía es la que SCHUMPETER (1942) estableció entre los que él llamó "empresario innovador" y "empresario imitador". No obstante, como veremos más adelante, la opción, *en muchos casos, no es imitar o innovar. Más bien al contrario, son varias las empresas* que realizan gastos en I+D y otras actividades innovadoras, aunque sólo en unas ocasiones pueden ser innovadores mientras que en las otras se ven relegados a la posición de imitadores.

Desde una perspectiva Schumpeteriana, BROZEN (1951) definió la imitación en unos términos que coinciden con el significado que posteriormente adquirió el concepto de difusión.

Universidad de Huelva 2009

intermedio con ella producido) está participando en el proceso de difusión de dicha innovación al conjunto de la economía.

A continuación estudiamos los mecanismos fundamentales por los que las empresas pueden realizar innovación por difusión, que son la imitación de las tecnologías generadas por terceros, la "compra" de licencias sobre patentes para poder utilizar dicha tecnología y la cooperación entre empresas para compartir las tecnologías de que dispongan, o aquellas que puedan generar, en conjunto.

3.2.2. La imitación.

La imitación puede definirse como la utilización de un proceso productivo o la producción de un bien ya existentes en el mercado, sin que exista una correspondencia con los conocimientos acumulados por la empresa imitadora[35]. En la medida en que la propiedad industrial se encuentra protegida por un derecho de propiedad, como son las patentes, las posibilidades de imitación se reducen aunque no desaparecen. Ello se debe a que la puesta en marcha de una medida de protección legal ante los tribunales puede ser demasiado costosa, al tiempo que no todos los aspectos son patentables. Además, una patente es una valiosa fuente de información (involuntaria pero de obligado cumplimiento) para terceros, quienes están en disposición de "rodear" los límites de dicha patente e

[35] RICHARD (1998), p.

Universidad de Huelva 2009

imitar el proceso o el producto, introduciendo los elementos diferenciales suficientes[36].

En este sentido, la influencia de las legislaciones nacionales es extrema. Pueden por ejemplo desincentivar toda actividad imitadora si, como ocurre en Estados Unidos, el contenido de la solicitud de patente sólo se divulga tras la emisión del título (lo que supone una media de cinco años desde la solicitud) y en caso de litigio la carga de la prueba corresponde al supuesto imitador. Por otro lado, pueden incentivar la imitación si, como es el caso de Japón, las exigencias de novedad para patentar son débiles, las solicitudes pueden modificarse después de ser registradas, la ley sobre el secreto es poco severa y además el sistema crea poderosas incitaciones a la concesión de licencias y a la utilización de licencias cruzadas[37].

La discusión sobre los efectos de los diferentes sistemas de patentes y la opción por uno de ellos se enmarca en el debate sobre la existencia de una relación inversa (trade–off) entre la eficiencia estática (a corto plazo) y la eficiencia dinámica (a largo plazo). Desde una perspectiva a corto plazo, los nuevos conocimientos, obtenidos a partir de las inversiones en I+D o por cualquier otra vía, deben estar ampliamente disponibles para todos sus

---

[36] GEROSKI (1995), p. 103, considera que existen tres grandes limitaciones sobre la efectividad de las patentes como mecanismo de protección del nuevo conocimiento y que facilitan por tanto el proceso de imitación. Estas limitaciones son la disponibilidad y capacidad de los imitadores para "inventar alrededor", de la patente la dificultad para patentar algunas innovaciones, y el volumen de información que se genera en la solicitud de patente y que es puesto a disposición del público en general, facilitando así el desarrollo de variantes por parte de los imitadores. En términos semejantes se expresan BALDWIN y SCOTT (1987), p. 120.

Por otro lado LEVIN et al. (1987) encontraron que si bien las patentes incrementaban el tiempo y los costes de imitación, sólo lo hacían modestamente.

[37] En ORDOVER (1991) puede encontrarse una amplia discusión del doble efecto de las patentes, *tanto facilitando la imitación como impidiendo el uso generalizado de la innovación*, así como de los principales sistemas de patentes y sus efectos comparados.

Universidad de Huelva 2009

usuarios potenciales al coste más bajo posible, que sería el coste marginal de su difusión. Así, los derechos de propiedad asociados a las patentes deberían ser mínimos. Sin embargo, desde una perspectiva a largo plazo se hace hincapié en la consideración de los llamados "gastos de I+D"[38] no como gastos sino como una inversión, en el comportamiento maximizador del beneficio como actitud racional y habitual tanto en las empresas como en los individuos que realizan I+D o cualquier otra actividad innovadora. Es decir, sólo realizarán dicha inversión si esperan obtener de ella un rendimiento que consideran razonable, dado el riesgo que toda actividad de I+D implica. Desde esta perspectiva, si los derechos de propiedad asociados a las patentes son mínimos pueden no ser suficientes para recuperar la inversión inicial y mucho menos para obtener un rendimiento que compense el riesgo asumido. En tal caso, la inversión inicial no se habría realizado, (o no se volvería a realizar) no se lograrían más innovaciones y se dañaría así la eficiencia a largo plazo[39].

a) Coste y velocidad de imitación.

La imitación es una práctica que puede constituir una apuesta estratégica para determinadas empresas, bajo el supuesto de que los costes y la incertidumbre asociados a la imitación son mucho más reducidos que los necesarios para ser el primer innovador[40]. Sin embargo, para otras

---

[38] Esta es la denominación que se emplea en las estadísticas oficiales. Recuérdese que en el Manual de Frascati, al que hemos hecho amplia mención en el capítulo segundo, hable de "gastos de I+D" y "personal dedicado a la I+D", y que el INE publica periódicamente sus "Estadísticas sobre actividades y gastos en I+D".

[39] ORDOVER (1991), p. 43.

[40] MANSFIELD (1988), p. 1161, nota 9. De hecho MANSFIELD, SCHWARTZ y WAGNER

Universidad de Huelva 2009

constituye una necesidad a la que se ven abocadas bien porque perdieron una carrera tecnológica, bien porque no iniciaron una determinada línea de investigación cuyos resultados se han impuesto en el mercado[41].

Estos costes pueden definirse, en sentido amplio, como el conjunto de todos los gastos necesarios para introducir la imitación en el mercado[42], incluidos los de investigación aplicada, la construcción de una planta piloto o el desarrollo de prototipos, la inversión en plantas y maquinaria, los costes de lanzamiento (producción, márketing y publicidad) y los estudios necesarios para "bordear" los límites de las patentes existentes[43].

Por otro lado, el proceso de imitación requiere un determinado período de tiempo, que transcurre desde un eventual esfuerzo del imitador en investigación aplicada hasta la aparición efectiva en el mercado del producto imitado o la puesta en funcionamiento del proceso productivo. Las causas de este desfase son muy variadas; destacan la protección del secreto por parte del innovador, la obtención sólo de un conocimiento

---

(1981) estimaron que los costes de imitación son el 65% de los de innovación, como promedio y los tiempos de imitación el 70% de los de innovación.

[41] De hecho, si consideramos la imitación como la adopción de tecnología externa y la innovación como el uso de tecnología interna, en muchas ocasiones ambas formas de incorporación de tecnología, lejos de ser sustitutivas, son complementarias. Además, toda imitación requiere al menos alguna innovación propia en cuanto a al adaptación a las peculiaridades de la empresa imitadora.

Véase FERNÁNDEZ BAGÜÉS (2001) para un estudio empírico que confirma dicha complementariedad, aplicado a la industria farmacéutica.

[42] Véase MANSFIELD, SCHWARTZ y WAGNER (1981) para un estudio más detallado de los costes de imitación. Este trabajo constituye además el primer análisis estadístico de estos aspectos, con datos de grandes empresas de los cuatro sectores que tradicionalmente realizan más I+D (químico, farmacia, electrónica y maquinaria), espacialmente restringida al Nordeste de los Estados Unidos.

[43] Recuérdese que, como hemos señalado en el segundo capítulo, los dos últimos tipos de coste no forman parte de la I+D, de acuerdo con las recomendaciones del Manual de Frascati.

Universidad de Huelva 2009

imperfecto e incompleto por parte del imitador, o la desventaja de este último respecto al primero en conocimientos, formación y experiencia, que le dificultan la actividad imitadora[44].

En este punto, debemos resaltar que es de esperar que exista una relación inversa entre el gasto que una empresa destina a imitar un proceso o producto y el tiempo que tarda en hacer efectiva la imitación. Esta relación lleva a las empresas a intercambiar coste por velocidad de imitación, hasta elegir aquella combinación que consideren óptima dadas la relación concreta existente entre ellas en cada caso y la restricción de gasto a la que se enfrente la empresa[45]. Es decir, la decisión entre coste y velocidad de imitación puede plantearse en términos de un problema de optimización condicionada, técnica habitual en todos los análisis microeconómicos.

Los costes de imitación guardan además una doble relación con el establecimiento de patentes y con la existencia de derechos de propiedad industrial en general. Por un lado, mediante el registro de una patente se está proporcionando de forma gratuita y universal una información valiosísima sobre el producto o el proceso, que de otro modo difícilmente estaría accesible para cualquier imitador, lo que tiende a reducir los costes de imitación. Sin embargo, en la medida en que la patente va acompañada de un derecho de propiedad industrial que permite impedir legalmente las

---

[44] SCHERER (1980).

[45] Véase MANSFIELD (1988), pp. 1162–1164, para una discusión empírica de esta relación entre coste y tiempo de innovación tanto para innovación interna como para imitación, en empresas Japonesas y Americanas. Puede resumirse como $c = f(t); dc/dt < 0; d^2c/dt^2 > 0$, siendo c el coste y t el tiempo.

Universidad de Huelva 2009

imitaciones directas, obliga a realizar unas actividades para rodear los límites de ese derecho de propiedad, lo que incrementa los costes de imitación. Aunque el resultado final es incierto, pues dependerá de las características de cada empresa o sector y del sistema de derechos de propiedad y la regulación del sistema de patentes, es de esperar que el efecto total sea un incremento del coste de imitación en la mayoría de los casos, pues de otro modo las empresas no recurrirían a las patentes para proteger sus invenciones y secretos industriales[46].

En definitiva, esperamos que exista una alta correlación (negativa) entre el ratio de velocidad de imitación (tiempo necesario para la puesta en marcha de la imitación / tiempo necesario para la puesta en marcha de la innovación) y el de coste de imitación (costes de imitación / costes de innovación), lo que significa que determinando los factores que permiten explicar el coste, habremos encontrado aquellos que nos permiten explicar la velocidad de imitación. No obstante, las relaciones entre unos y otros serán de signo contrario, es decir, aquellos factores que incrementen el ratio de coste reducirán el de velocidad.

Entre estos factores, además de los gastos en investigación aplicada (I+D) ya mencionados, debemos incluir las exigencias legales en materia de calidad, salud pública y protección medioambiental, que incrementan los costes y reducen la velocidad de imitación, la posibilidad de utilizar un material, proceso o producto ya conocido y patentado para un nuevo empleo, lo que reduce los costes y aumenta la velocidad de imitación, la

[46] Como ya hemos visto en el segundo capítulo, la propensión a patentar varía extraordinariamente de unas industrias a otras, en función de diversas características, que hacen que la protección sea más o menos efectiva.

Universidad de Huelva 2009

frecuencia de remplazamiento y renovación de productos obsoletos, lo que otorga una ventaja a la empresa innovadora y dificulta la acción del imitador, los métodos que impiden o dificultan a los competidores acceder a los conocimientos y experiencias del innovador, como los secretos de fábrica o el control sobre determinados empleados, la existencia de servicios ligados al producto y vendidos inseparablemente y la mayor o menor fidelidad de los consumidores a determinadas marcas.

b) La tasa de imitación.

La tasa de imitación hace referencia a cómo evoluciona a lo largo del tiempo el ritmo de introducción del nuevo proceso o producto entre aquellas empresas que componen el mercado. Siguiendo las líneas del trabajo pionero de Mansfield[47], definiremos dicha tasa como la proporción que las empresas que han adoptado la tecnología en el presente período representan sobre aquellas de las potencialmente imitadoras que todavía no lo habían hecho en el período anterior[48].

El proceso de adopción de una innovación por parte de una empresa en un momento dado depende de varios factores. En primer lugar, depende positivamente del número e empresas que ya la hayan adoptado[49]; por otro

---

[47] MANSFIELD (1961).

[48] De *forma implícita se está considerando una innovación materializada en un bien de capital.* ésta ha sido la visión generalmente adoptada en la mayoría de los trabajos teóricos, y especialmente empíricos, sobre la difusión de las innovaciones.

[49] Para Mansfield esto es consecuencia de su visión epidémica de la difusión en que la adopción es equivalente al contagio de una enfermedad infecciosa. Sin embargo, esto puede ser igualmente cierto en un contexto completamente diferente en el que existan externalidades de red y complementariedades tecnológicas, comerciales y logísticas, que tanto por separado como de forma conjunta constituyen una externalidad positiva para la difusión de una tecnología, que

Universidad de Huelva 2009

lado, también mantiene una relación positiva con la rentabilidad asociada a la innovación, mientras que la relación es negativa con el volumen de gastos necesarios para llevar a cabo la imitación; finalmente, también depende de diversa forma de otros aspectos como la formación del empresario, el tamaño de las empresas, la tendencia a imitar un claro líder en el mercado y otros aspectos sociales y culturales, entre los que destacamos la actitud de los sindicatos, la formación y la edad de los dirigentes relevantes en la empresa para tomar la decisión de innovar, y la exigencia de conocimientos nuevos (complejidad) por parte de los usuarios. No obstante, aunque son varios los factores que explican la tasa de imitación, para Mansfield el más importante de ellos es la proporción de imitadores en el momento t, puesto que la incertidumbre asociada a dicha innovación disminuye a medida que se difunde, lo que induce a aquellas empresas que todavía no la han adoptado, a llevar a cabo el proceso de imitación–adopción; además, a medida que aumenta dicha proporción también crece la presión competitiva sobre las empresas no innovadoras para que abandonen la tecnología antigua[50]

La representación gráfica del número de empresas (proporción) que ha adoptado la innovación en un momento del tiempo puede aproximarse[51] mediante una curva en forma de S. Así, el proceso de difusión–imitación de la nueva tecnología se asemeja al del desarrollo de una epidemia, por lo que este enfoque ha sido calificado como "enfoque epidemiológico" de

se incrementa con el número de adoptantes.

[50] Una vez más debemos destacar la concepción implícita de que se trata de una innovación materializada en un bien de capital, que constituye una innovación de proceso para sus usuarios potenciales.

[51] MANSFIELD (1961) así lo demuestra.

Universidad de Huelva 2009

difusión interna de la tecnología en la industria, lo que le ha supuesto numerosas críticas[52]. No obstante, constituye la base para el primer intento de contrastar empíricamente mediante ajustes econométricos la validez de los desarrollos teóricos[53].

Queremos concluir con una reflexión sobre los efectos de la imitación sobre los beneficios sociales de la innovación. De acuerdo con la propuesta schumpeteriana del proceso de destrucción creadora, la imitación acelera la difusión y extiende el uso de la innovación hasta el nivel de output en que el coste marginal social de adopción iguala al beneficio marginal social. Sin embargo, también puede reducir las estimaciones y anticipaciones de las ganancias asociadas a la innovación, lo que reduce los incentivos para realizar I+D y, en general, innovar[54].

En el trabajo pionero de Scherer[55] se modelizan las decisiones de la empresa en cuanto al volumen de recursos destinados a la I+D, incluyendo entre las variables determinantes de la decisión la posibilidad de que la imitación sea una opción estratégica que pueden adoptar uno o más

---

[52] Véase DAVIES (1979) y STONEMAN (1983), entre otros. Las principales críticas vienen del modo de difusión de la información "de boca a boca" que supone el modelo epidemiológico, mientras que los fabricantes del bien que incorpora la nueva tecnología por lo general adoptan estrategias activas de difusión que dicho modelo no considera. Por otro lado, también se le critica la falta de consideración de aspectos fundamentales desde la perspectiva de la empresa, como son la atención a la rentabilidad asociada a la adopción más o menos temprana a la innovación. Una última crítica fundamental la constituyen la falta de atención a las imperfecciones en la información asociadas a la incertidumbre inherente as la innovación y el aprendizaje gradual de los agentes a partir de los resultados de sus sucesivas elecciones, lo que justificaría una adopción gradual (difusión en la forma S) de las innovaciones.

[53] ROMEO (1975) perfeccionó posteriormente el ajuste econométrico, aplicándolo a la utilización de máquinas herramientas de control numérico.

[54] BALDWIN y SCOTT (1987), p. 120.

[55] SCHERER (1967).

Universidad de Huelva 2009

rivales[56]. Las dos principales conclusiones se obtienen para un duopolio en que el comportamiento estratégico de ambos rivales se ajusta al modelo de Cournot. La primera de ellas es que cuanto menor es el desfase de imitación y mayor es la cuota de mercado que se espera obtenga el imitador, mayor es el incentivo del innovador para acelerar la introducción de la innovación. La segunda es que cuanto mayor sea la cuota de mercado del imitador mayor será su incentivo para acelerar la introducción de la imitación, especialmente si la innovación puede amenazar su cuota de mercado. Dicho de otro modo, para un pequeño competidor resulta interesante realizar esfuerzos de I+D o de cualquier otro tipo, para acelerar la introducción de una innovación en el mercado y atacar así la posición del hipotético imitador. Por otro lado, el imitador dominante en el mercado tiene poco que ganar a través de la innovación, pero mucho que perder si es atacada por un rival innovador y no reacciona con una imitación rápida. El resultado parece ser un incremento de los esfuerzos en I+D (para innovar y para imitar rápidamente) y de otras actividades innovadoras.

Sin embargo, este efecto sobre la actividad innovadora no necesariamente será de un incremento inequívoco. En el modelo de Scherer parece que existan dos estrategias claras, el pequeño competidor que innova y el grande que procura ser el imitador (el segundo en la "carrera innovadora") y así ambos incrementan los gastos en innovación–imitación. Pero qué ocurrirá si ambos rivales se decidiesen por ser el primer imitador y ninguno innovase, esperando a que fuese el otro el innovador. Estos

[56] Esto se hace incluyendo en la función de decisión del innovador una fecha de introducción de un producto imitado idéntico, la cuota final de mercado que obtendría el imitador y el ritmo al cual dicho imitador penetra en el mercado.

Universidad de Huelva 2009

aspectos fueron estudiados por Baldwin y Childs poco después del trabajo de Sherer[57]. Nótese que, como señalan los propios autores, la amplitud del tiempo de imitación, la tasa de penetración del mercado y la tasa a la que se reducen las rentas de los productos existentes a favor de los nuevos son elementos iniciales en la determinación del beneficio relativo de la imitación frente a la innovación[58]. Una segunda conclusión es que las estructuras de mercado en que los incentivos para innovar desaparecen por completo (todas las empresas optan estratégicamente por ser imitadoras, y por tanto no realizan I+D ni ninguna otra actividad innovadora) son muy poco probables[59]. Y por último, y esta es la conclusión más relevante, la estrategia de ser el primer imitador tiene como efecto la disminución en el esfuerzo innovador en la medida en que cada rival espera que sea el otro quien tiene la iniciativa, lanza información confusa ("faroles") y cambia la estrategia (se decide a innovar) de tiempo en tiempo. Es decir, la conclusión es justo la contraria de la que se deriva del modelo de Scherer.

De cuanto acabamos de decir parece desprenderse que la estructura de mercado (índice de concentración) influencia tanto la estrategia imitadora

---

[57] BALDWIN y CHILDS (1969) utilizaron un modelo que supone una leve reformulación del desarrollado por Scherer y en el que la demanda de los productos existentes disminuye en respuesta a la introducción de nuevos productos, los costes de innovación e imitación son idénticos y cada empresa puede optar por ser imitador o innovador, pero no ambas a la vez. Estas dos últimas asunciones son, por su artificialidad la principal fuente de crítica de este modelo.

[58] Las principales conclusiones de este estudio son las que siguen. En primer lugar, la imitación es más rentable que la innovación si el tiempo de imitación es reducido, la cuota de mercado es grande y la penetración en el mercado es rápida respecto a la del innovador. Sin embargo, a medida que aumenta el número de empresas y las cuotas de mercado y los tamaños se equilibran, la imitación se vuelve cada vez menos interesante frente a la innovación.

[59] Al no haber ninguna innovación que imitar, las empresa acaban por innovar para incrementar sus beneficios.

Universidad de Huelva 2009

como sus efectos sobre los gastos en I+D. Dos trabajos son fundamentales para la comprensión de esta relación, aunque elaborados desde enfoques muy diferentes. En el primero de ellos Kamien y Schwartz siguen la línea de Scherer y Baldwin y Childs, aunque eliminando las restrictivas asunciones de éstos últimos que, como ya hemos señalado constituyen la principal crítica al modelo[60]. En su modelo, Nelson y Winter se aproximan desde el punto de vista de un proceso de competencia schumpeteriana a través de la innovación y la imitación, en el que los gastos en I+D dependen del tamaño de la empresa[61].

Para Kamien y Schwartz la principal conclusión es que a medida que se fortalece la posición de mercado de una empresa (aumenta su cuota de mercado y/o su poder de monopolio) puede seguir vendiendo su producto sin necesidad de innovar, con reducidas pérdidas por el anticipo en la innovación de un rival e igualmente con muy reducidos beneficios adicionales asociados tanto a ser el innovador como a imitar las innovaciones de sus rivales. Es decir, a diferencia del modelo de Baldwin y Childs, al aumentar el poder de mercado, el modelo de Kamien y Schwartz predice una disminución de los gastos de I+D y de toda actividad innovadora e imitadora[62]. Pero hay también una conclusión adicional. Una

---

[60] KAMIEN y SCHWARTZ (1978), aunque ya se apuntaba en trabajos anteriores como los realizados por los mismos autores en 1972 y 1976.

[61] NELSON y WINTER (1972 y 1982).

[62] Las diferencias en las conclusiones se deben a diferencias estructurales en los modelos. Para Baldwin y Childs una empresa que decide ser imitador adopta una estrategia pasiva en I+D hasta que su rival innova y en ese momento, realiza la I+D necesaria para imitar. Por el contrario, para Kamien y Schwartz las empresas deciden realizar gastos de I+D son saber si van a llegar a innovar o si por el contrario van a ser superadas por sus rivales y sus esfuerzos en innovación sólo les van a servir para poder imitar más fácil y rápidamente con un pequeño coste adicional. La decisión de imitar sólo puede tomarse bajo la condición de un adelanto de sus

Universidad de Huelva 2009

empresa puede convertirse en innovadora a pesar de que la imitación sea una opción más ventajosa. La razón está en la incertidumbre asociada a todo proceso de I+D. Una empresa no decide ser innovadora o imitadora, sino realizar o no un determinado programa de I+D cuyos resultados desconoce así como el momento en que se van a producir. Por ello, puede encontrarse con una innovación inesperada o verse relegada a la posición de imitadora si sus rivales se le adelantan.

Desde la perspectiva schumpeteriana, Nelson y Winter analizan los efectos de la imitación sobre los gastos de I+D en un modelo que toma en consideración la característica de la tecnología (acumulativa o basada en la ciencia[63]), la facilidad de imitar (tiempo y coste de imitación) y el establecimiento o no de restricciones a la inversión por parte de las empresas para evitar la competencia tipo Bertrand y la difusión interna se considera instantánea y sin coste. En general, encuentran que el efecto de la imitación sobre los gastos en I+D depende de dos factores clave. Por un lado, del efecto sobre el crecimiento potencial de la productividad. Cuando el crecimiento es lento y la imitación fácil, los imitadores son más rentables que los innovadores (tienen menores gastos en I+D) aunque no llegan a expulsarlos del mercado. El efecto es una reducción en los gastos de I+D. Esta reducción será mayor si, a través de una competencia agresiva, los imitadores ganan cuota de mercado a los innovadores[64]. Sin embargo, si el

---

rivales y la expectativa de una posterior imitación exitosa. Es decir, la I+D que no permite ser innovador, permite al menos ser el primer imitador.

[63] En el caso de la tecnología acumulativa consideran que la adopción exitosa depende de la tecnología presente de que dispone la empresa, es decir, de la I+D pasada, mientras que la basada en la ciencia permite obtener la tecnología realizando gastos de I+D presentes a partir de un volumen exógenamente generado de posibilidades tecnológicas.

[64] La competencia agresiva se traduce en ausencia de restricciones a la reinversión y por tanto al

Universidad de Huelva 2009

crecimiento de la productividad es rápido y la innovación relativamente difícil, las empresas que realizan I+D para innovar y también para imitar obtienen mayores beneficios que aquellas que sólo la realizan para imitar y gradualmente las van eliminando del mercado.

El segundo factor lo constituyen las características del volumen exógeno de posibilidades tecnológicas. Si los avances son bruscos y poco frecuentes los gastos en I+D son escasos tanto para innovar como para imitar, sin que les afecte significativamente el que haya imitación o no. Pero si los avances son menores y próximos en el tiempo, asociados a pequeñas ganancias de productividad, las tasas de crecimiento de imitadores e innovadores son semejantes, aunque los innovadores obtienen menores beneficios. Si además la imitación es fácil, el efecto es una reducción en los gastos en I+D.

3.2.3. La concesión de licencias.

En el apartado anterior, hemos considerado la posibilidad de difusión de una innovación tecnológica mediante la imitación, sin contar con la voluntad del innovador, quien no podía controlar y delimitar los términos exactos de la imitación; sólo puede establecer una barrera a la copia directa, que es la patente o alguna forma de secreto industrial. Sin embargo, una

---

crecimiento. La ganancia de cuota de mercado y mayor beneficio se produce incluso a pesar de que un imitador nunca puede alcanzar mayor crecimiento de productividad que el innovador. La ventaja surge de los nuevos gastos en I+D, que generan mayores beneficios incluso con menor productividad. Como el modelo presupone la reinversión inmediata (total o a la tasa que determine la restricción a la inversión), el crecimiento y acaparación del mercado por parte de los imitadores es sustancial.

Por el contrario, si existen restricciones a la inversión, la estructura de mercado permanecería estable, aunque los innovadores seguirían obteniendo menores beneficios que los imitadores.

Universidad de Huelva 2009

vez patentada una innovación, el monopolio tecnológico temporal no es la única opción para el innovador; cuenta también con la posibilidad de conceder licencias para el uso de la innovación por parte de otras empresas. Mediante el establecimiento de un contrato de licencia, el innovador puede tener un mayor control sobre el proceso, el ritmo y los términos de la difusión de su innovación[65]. La licencia es pues un contrato en el que el titular del derecho de propiedad industrial sobre la innovación autoriza, en los términos, condiciones y modalidades precisos establecidos en el contrato, la explotación y/o la comercialización de una invención por él patentada[66]. Esta difusión contractual es una alternativa a la integración entre empresas como forma de difusión de la tecnología, a menudo menos satisfactoria que la integración[67].

Analizaremos en este apartado las licencias *ex–post*, es decir, las que se conceden una vez que el esfuerzo realizado en I+D por el innovador concluye en una invención patentada. Para ello, estudiaremos en primer lugar qué elementos pueden inducir a conceder una licencia o a no hacerlo, para a continuación ver cuál es el contrato óptimo de licencia desde el punto de vista del innovador, una vez consideradas distintas modalidades de dichos contratos de licencia.

Dejaremos el estudio de las licencias *ex–ante* para el próximo apartado, pues son una forma más de cooperación empresarial en materia de I+D, con el objetivo de reducir los incentivos de los competidores para

[65] GEROSKI (1995), p. 107.

[66] RICHARD (1998)

[67] TEECEC (1988), pp. 264–267.

Universidad de Huelva 2009

llevar a cabo investigaciones similares, cuyos resultados estarían muy próximos. Es decir, se trata de evitar la duplicidad de los gastos en I+D para obtener una misma innovación.

a) Los incentivos para conceder licencias.

Para poder conceder una licencia para el uso de una innovación es necesario que dicha innovación esté patentada. Como ya hemos visto en el capítulo segundo, una patente es un derecho de propiedad que concede un derecho temporal de monopolio sobre el uso de la innovación para la empresa que la ha patentado.

Esta posición de monopolista le permite, al menos temporalmente, poder establecer para el nuevo producto precios por encima del coste marginal, puesto que no se ve sometida a la presión de la competencia e incrementar así sus beneficios. Por otro lado, si la innovación es de proceso, puede optar entre vender a su coste real para expulsar del mercado a sus competidores y situarse así en una posición de monopolista, o bien vender al precio de mercado antes de la innovación y obtener un beneficio adicional. Siendo esto así, debemos preguntarnos qué induce al propietario de una patente a conceder licencias sobre la misma.

Para responder a esta cuestión vamos a considerar inicialmente que existe un paso previo a la innovación, que es la invención, mediando entre ellos la puesta efectiva en el mercado de los resultados de una invención, ya sea de producto o de proceso[68]. Este hecho nos permite distinguir entre

[68] Este es un esquema lineal, de corte Schumpeteriano, cuya validez ya hemos cuestionado en el primer capítulo, optando por una visión sistémica de la innovación, más acorde con la realidad.

Universidad de Huelva 2009

inventor e innovador, es decir, entre quien realiza una actividad de I+D y obtiene un resultado palpable en forma de invención por un lado, y quien moviliza todos los recursos necesarios para que el nuevo producto o la producción con el nuevo proceso sean puestos en el mercado.

Así, ante el inventor (sea éste una persona física, una empresa, un laboratorio de I+D o cualquier otro centro o institución de investigación[69]) se abre la posibilidad de conceder o no licencias, así como la de concederlas en exclusiva o de forma generalizada. Además, en la medida en que esté a su alcance la posibilidad de movilizar todos los recursos necesarios para llevar al mercado su invención, convirtiéndola así en una innovación, se le plantea la posibilidad de producir en exclusiva o bien de licenciar su patente. En este último caso, el abanico de posibilidades es mayor, puesto que puede cooperar con otras empresas mediante la utilización de licencias cruzadas, o bien administrar el número y condiciones en que concede licencias a otras empresas.

La Figura 3.2 resume este amplio abanico de posibilidades, incorporando también la posibilidad de que la concesión de licencias sea obligatoria por motivos legales[70]. En dicha figura representamos dos grandes casos, según el inventor no tenga capacidad productiva para

---

No obstante, en aras a facilitar la exposición, utilizaremos esta secuencia lineal que, sabemos, es sólo una parte de las relaciones y retroacciones del enfoque sistémico de la innovación.

[69] VON HIPPEL (1982) encuentra que es menos probable que sean investigadores independientes quienes generan una invención: lo habitual es que sean agentes económicos que operen en la cadena de valor relacionada con la innovación.

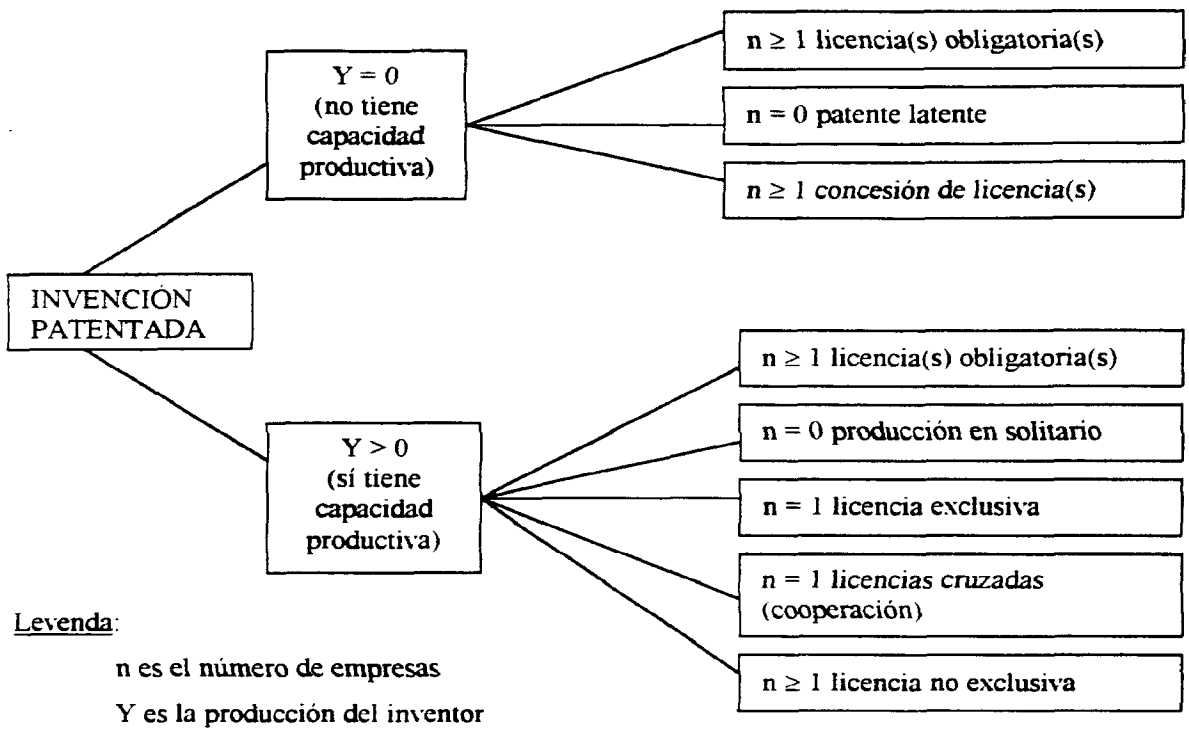
[70] TAILOR y SILBERSTON (1973), p. 349 encontraron que la concesión obligatoria de licencias sólo generaba reducciones moderadas en los precios y en unos cuantos sectores (química no farmacéutica y algunos tipos de maquinaria), pero generaba una disminución mucho mayor del volumen de I+D desarrollado en dichas áreas.

Universidad de Huelva 2009

explotar él mismo la patente (Y=0) o, por el contrario (Y>0) el innovador sí que es capaz de explotar la patente. En el primer caso (Y=0) el objetivo de conceder licencias está claro, pues es el único modo de obtener ingresos procedentes del resultado de la actividad de I+D, la invención patentada.

Sin embargo, en el segundo no lo está tanto, al menos a primera vista.

FIGURA 3.2. ÁRBOL DE DECISIÓN DEL INVENTOR



Fuente: RICHARD (1998)

La concesión de una licencia representa una transferencia de tecnología desde el innovador hacia el imitador licenciado, lo que crea no sólo una competencia a corto plazo en el mercado del producto, sino además una competencia potencial a largo plazo en el mercado de la innovación, ya sea mediante un esfuerzo por sortear los límites de la

Universidad de Huelva 2009

licencia y la patente, ya por desarrollar una tecnología mejorada. Pero desde otro punto de vista, una adecuada política de concesión de licencias puede tener los mismos efectos que una política de reparto del mercado y permite bordear, al menos temporalmente las leyes de defensa de la competencia. La concesión de licencias puede interpretarse como monopolio, derivado de la patente, a través de los royalties en vez de a través del mercado de producto[71]. Además, la concesión de licencias puede ser una vía alternativa de control del mercado cuando las economías de escala en la producción de la innovación por parte del innovador se agotan a un volumen relativamente pequeño respecto al tamaño del mercado[72]. Por último, la concesión de licencias permite establecer un mecanismo de lucha en calidad y evita así los efectos negativos de la lucha en precios o en cantidades, mejorando por tanto los beneficios del oligopolio[73].

Pero no debemos olvidar que las licencias se conceden no de forma gratuita sino contra un pago que el licenciado realiza al propietario de la patente. Éste incrementa así sus beneficios en detrimento de los del licenciado. En general, la concesión de licencias forma parte de la estrategia maximizadora del beneficio siempre que permita incrementar los beneficios de la industria y sea posible establecer un adecuado sistema de pagos por la licencia[74].

---

[71] BALDWIN y SCOTT (1987), p. 117. Nótese que esto sólo es cierto en sentido estricto si, cómo señalan los propios autores, el innovador es capaz de controlar e impedir la difusión no autorizada por parte del concesionario de la licencia.

[72] BALDWIN y SCOTT (1987), p. 118.

[73] SHEPARD (1987).

[74] SHEPARD (1987).

Universidad de Huelva 2009

Los incentivos para conceder licencias sobre una patente van a depender en gran medida de la intensidad de la competencia en el mercado de los productos, así como de la forma en que esta competencia se lleva a cabo. En el caso de un duopolio, la concesión de una licencia puede ser considerada como un acuerdo de cooperación (colusión), por lo que sólo se concederá si los beneficios conjuntos de la industria aumentan respecto a los existentes en el caso de que sólo la empresa innovadora (la primera en incorporar la invención) utilice el proceso o produzca el bien en cuestión.

Tratándose de una innovación de proceso, cuyos efectos son una reducción en los costes de producción que permitiría reducir los precios de venta y ganar cuota de mercado en detrimento del rival no innovador, puede parecer verosímil que no existan incentivos para licenciar una patente porque esto desencadenaría una competencia en precios, cuyos efectos destructivos sobre los beneficios conjuntos de la industria ya fueron resaltados por Bertrand.

Sin embargo, hay dos razones que justifican, incluso bajo este supuesto, la concesión de licencias por parte de una empresa (laboratorio o centro de investigación) a más de una empresa[75]. En primer lugar, porque la competencia en el mercado de productos puede incrementar las incitaciones de los dirigentes a innovar (competir en tecnologías que permiten bien reducir costes bien mejorar la calidad del producto) y ser más efectiva en este sentido que la posibilidad de gozar de una posición de monopolista. Por otro lado, son sobradamente conocidos los mecanismos para restringir la posibilidad de una competencia en precios tipo Bertrand, mediante la

[75] TIROLE (1990). Véase también KATZ y SAPHIRO (1985).

Universidad de Huelva 2009

diferenciación de productos, las limitaciones de capacidad e incluso la colusión intertemporal sobre los precios. Dichos mecanismos se ven reforzados cuando a través de las condiciones del contrato de licencia y de los cánones y royalties cobrados por el innovador, éste se protege de forma efectiva contra cualquier competencia en precios. En estas nuevas condiciones, las posibles pérdidas de ingresos en la industria como consecuencia de una hipotética reducción de precios, debida a la generalización de la innovación, pueden ser inferiores a las reducciones en los costes obtenidas gracias a la difusión de la innovación a toda la industria. El resultado neto será un incremento de los beneficios de la industria, del que se apropia el innovador a través de los cánones y royalties. Los incentivos para conceder licencias son pues evidentes.

En el caso de una innovación de producto, la concesión de licencias también puede incrementar los beneficios de la industria, pero en este caso no mediante una reducción de los costes, sino a través de un aumento de la demanda de la industria[76]. Como consecuencia de los contratos de licencia y de los sistemas de pago oportunamente definidos por parte del innovador para maximizar sus beneficios, la competencia en el mercado del producto se ve limitada a la calidad, no a los precios ni a la cantidad. Fruto del incremento de productores, de sus actividades de promoción de mercado y de la posibilidad de dirigirse a más de un vendedor, es de esperar que se produzca un desplazamiento de la demanda hacia la derecha que incremente los ingresos de la industria lo suficiente como para compensar un hipotético aumento en los costes al expandirse la producción de toda la

[76] SHEPARD (1987), quien utiliza datos de las industrias de semiconductores, en los que un aspecto crucial de la calidad del producto es el plazo de entrega.

Universidad de Huelva 2009

industria para satisfacer la mayor demanda. El innovador fija el número de licencias, el royalty y en definitiva, el precio que maximiza los beneficios de la industria y se apropia de todos ellos. La "credibilidad" de la licencia es el requisito indispensable para que se produzcan los efectos señalados. Dicha credibilidad va a depender de la irrevocabilidad de las licencias, del comportamiento del innovador al licenciar, que no devalúe en el futuro el valor de las licencias concedidas en el presente[77] y de la protección por el sistema de patentes frente a la imitación por terceros sin licencia.

Desde una perspectiva de comportamiento estratégico de las empresas, también se puede encontrar una justificación para la concesión de licencias. Esta práctica permite a la empresa innovadora (monopolista) elegir y planificar quiénes serán los competidores a los que tenga que enfrentarse en el momento en que expire el plazo legal de duración de la patente. Construye así una barrera relativa a la entrada, que le permite "gestionar" el acceso de la competencia al mercado, lo que le confiere una extraordinaria ventaja estratégica con relación a sus competidores, reales y potenciales, especialmente si puede elegir la calidad y el coste de la tecnología licenciada para disuadir la imitación[78]. Igualmente, desde una perspectiva estratégica, una empresa puede conceder licencias (y revelar así información sobre los frutos de su actividad innovadora) para reducir los incentivos de sus rivales (reales y potenciales) para desarrollar sus propias

[77] El propietario de una patente, que no pretendiera mantenerse en el mercado del producto tendría incentivos para fijar inicialmente el número de licencias que maximizase el beneficio de la industria y cobrar por ellas una renta máxima y, posteriormente, incrementar sus ingresos concediendo licencias adicionales a un coste menor, lo que erosionaría el valor de las primeras licencias y los beneficios licenciados. Véase FRANK (1991), pp. 713–714 para un tratamiento general de este tipo de estrategias de venta por tramos.

[78] ROCKETT (1990).

Universidad de Huelva 2009

tecnologías, especialmente cuando se trata de innovaciones de proceso que permiten obtener una reducción de costes. Con ello consigue garantizarse una determinada cuota de mercado, que será mayor y más segura en la medida en que el compromiso de licenciar su tecnología haga que sus rivales y los entrantes potenciales abandonen las actividades de I+D (o de cualquier otra índole) destinadas a desarrollar una tecnología alternativa[79].

Por último, el sistema jurídico de regulación de las patentes puede conscientemente o no, afectar a los incentivos para conceder licencias[80]. Por un lado, puede incentivar a los innovadores a elegir una política de licencias antes incluso de la eventual concesión de la patente. Este es el caso de Japón, donde los royalties los deben pagar sólo quienes comiencen a utilizar la invención potencial después de que haya sido comunicada y expuesta para su examen por los potenciales afectados por la misma. De otra parte, la existencia de un proceso de oposición de terceros durante el período de instrucción de la solicitud de patente, especialmente en los sistemas más estrictos como el americano o el europeo, induce a conceder licencias por dos motivos. El primero es que el cómputo del periodo de monopolio asociado a la patente se inicia en el momento en que la solicitud de patente es depositada, no en el de concesión efectiva de la patente. Siendo esto así, la oposición llevada a cabo por empresas competidoras retrasa la entrada en vigor y reduce la duración efectiva de dicho monopolio. El segundo es que el poder de negociación entre el inventor y quienes forman un frente de oposición es claramente asimétrico. Mientras

[79] GALLINI (1984).

[80] Véase ORDOVER (1991) para un estudio detallado y un análisis comparado de los sistemas de patentes y sus efectos sobre la concesión de licencias y el proceso de difusión en general.

Universidad de Huelva 2009

estos últimos, mayores en número, disponen de un amplio período de tiempo (meses e incluso años) para preparar sus alegaciones, el inventor sólo dispone de unos meses para refutar dichas alegaciones, bastando que no pueda refutar una de ellas para que la solicitud de patente sea desestimada. En tercer lugar, la posibilidad de entrar en conflicto con otra patente cercana (problemas de amplitud) conduce a una definición restrictiva de las reivindicaciones de patentes, lo que puede reducir el poder de mercado del innovador e incentiva la práctica de licencias cruzadas. Además, unas exigencias moderadas de novedad en las patentes favorecen el depósito de solicitudes de patentes de perfeccionamiento, que incluyen la patente de base y conducen al primer innovador a poner en práctica la concesión de licencias cruzadas[81].

Una vez que consideramos la posibilidad de conceder licencias, hemos de preguntarnos sobre el efecto que dicha concesión tiene sobre la propensión a realizar actividades de I+D e incurrir en los gastos para ello necesarios. Este efecto es complejo, pues resulta de la confluencia de dos fuerzas de sentido opuesto. Por un lado, en la medida en que la concesión de licencias puede incrementar el valor del flujo de ingresos esperados de la invención patentada, podemos esperar un refuerzo de la propensión a investigar. Sin embargo, desde otro punto de vista, puede incrementar el interés en ser sólo el segundo (el primer imitador), en la medida en que en este caso sólo se soportan unos costes fijos, mientras que se reduce el riesgo de realizar unos gastos en I+D cuyos resultados en términos de innovaciones efectivamente puestas en el mercado son muy inciertos.

[81] Estas estrategias están sumamente próximas a la cooperación entre empresas en materia de I+D.

Universidad de Huelva 2009

b) El contrato de licencia óptimo.

La realización efectiva de la decisión de conceder una licencia, que acabamos de discutir, conlleva un proceso que puede ser tan complejo como el propio proceso de investigación y desarrollo que ha dado lugar a la invención objeto de la patente. La principal dificultad deriva del problema de una relación agente–principal que se establece entre el propietario de la patente y la empresa a la que concede una licencia, por lo que es necesario definir un contrato de licencia que maximice los beneficios, habida cuenta del potencial de oportunidades de cada uno de los agentes implicados en el mismo.

Desde un punto de vista teórico, debemos esperar que la relación entre concedente y licenciado tome formas más complejas que el establecimiento de un simple canon proporcional al volumen de producción. En la forma más sencilla, cuando menos se hace plausible una tarifa (T) en dos tramos, una cuota fija por el derecho de acceder a la tecnología (A), más un royalty (r) proporcional al volumen de producción (q)[82], lo que puede expresarse como sigue:

$$T(q) = A + r \cdot q$$

Esta tarifa de licencia se establece con el objetivo de maximizar el beneficio del innovador (Π_I), que va a provenir de tres posibles fuentes: su producción para el mercado, el canon de acceso a la tecnología y los royalties unitarios multiplicados por la producción de los licenciados.

[82] SHEPARD (1987). Véase también PASHIGIAN (1993) para un estudio general de las tarifas en dos partes.

Universidad de Huelva 2009

Aunque el inventor está interesado en incrementar la tarifa y así sus ingresos, también se encuentra sometido a la restricción que le impone la necesidad de que la licencia sobre la patente sea preferible (más rentable) para la empresa licenciada que producir con la tecnología antigua. Todo ello queda expresado en la siguiente maximización condicionada, en la que A es la cuota fija de acceso a la tecnología, r es el royalty unitario, c_0 es el coste marginal y medio de la tecnología antigua, c_1 el correspondiente a la nueva, Π_I el beneficio del innovador y Π_L el del licenciado[83]:

$$\underset{A,r}{\text{Max}}\ \Pi_I = \Pi_I(c_1, c_1 + r) + A + rq(c_1, c_1 + r)$$
$$\text{s.a.}\ \Pi_L(c_1, c_1 + r) - A \geq \Pi_L(c_1, c_0)$$

Una vez establecido el tipo de contrato de licencia, cabe preguntarse por el número de licencias a conceder. Para discutir sobre estos aspectos, consideraremos el caso de una innovación de proceso que permite reducir los costes de producción respecto a una tecnología previa, ambas con rendimientos a escala constantes, lo que nos permite dibujar las curvas de costes medios y marginales como líneas rectas horizontales y coincidentes para cada tecnología. Supondremos también para simplificar que la demanda del mercado es rectilínea y que la nueva patente puede conferir al innovador un poder de monopolio. En estas circunstancias, consideraremos dos casos posibles, según se trate de una innovación mayor (que permite

[83] VISHWARSRAO (1999), p. 448. Nótese que el beneficio del innovador y del licenciado, así como la cantidad producida y vendida por ambos dependen del coste marginal del innovador c_1 y del correspondiente al licenciado c_1+r.

La condición que impone la restricción puede rescribirse afirmando que el beneficio obtenido con la licencia debe incrementarse respecto al que se obtendría sin ella (produciendo el potencial licenciado con la tecnología antigua y el innovador con la nueva) en una cuantía que supere (o como mínimo iguale) a la cuota fija por acceder a la tecnología.

Universidad de Huelva 2009

reducir los costes lo suficiente como para que al igualarlos al ingreso marginal del innovador monopolista, siguiendo un comportamiento maximizador de beneficios, el precio de venta resultante sea inferior al coste marginal de la tecnología antigua), o por el contrario nos encontremos ante una innovación menor, si es que la reducción de costes no es suficiente para bajar el nuevo precio de monopolio por debajo de los costes de la tecnología antigua[84].

En las Figura 3.3 y 3.4, hemos representado un mercado en el que la demanda es rectilínea y los costes de la empresa representativa de la industria son los que muestra la línea horizontal c_0c_0, lo que indica la existencia de rendimientos constantes a escala. Con esta tecnología inicial, si se tratase de un mercado monopolista se vendería una cantidad q_0^m a un precio p_0^m, mientras que si se tratase de un mercado competitivo, la cantidad sería mayor q_0^c y el precio más bajo p_0^c, que igualaría al coste marginal. En el caso de un mercado monopolista, la empresa obtendría unos beneficios extraordinarios según indica el valor del área 1, mientras que en un mercado competitivo del producto no habría beneficios extraordinarios, siendo excedente del consumidor todo el área entre la curva de demanda y la de coste marginal.

[84] Es el modelo de ARROW (1962a).

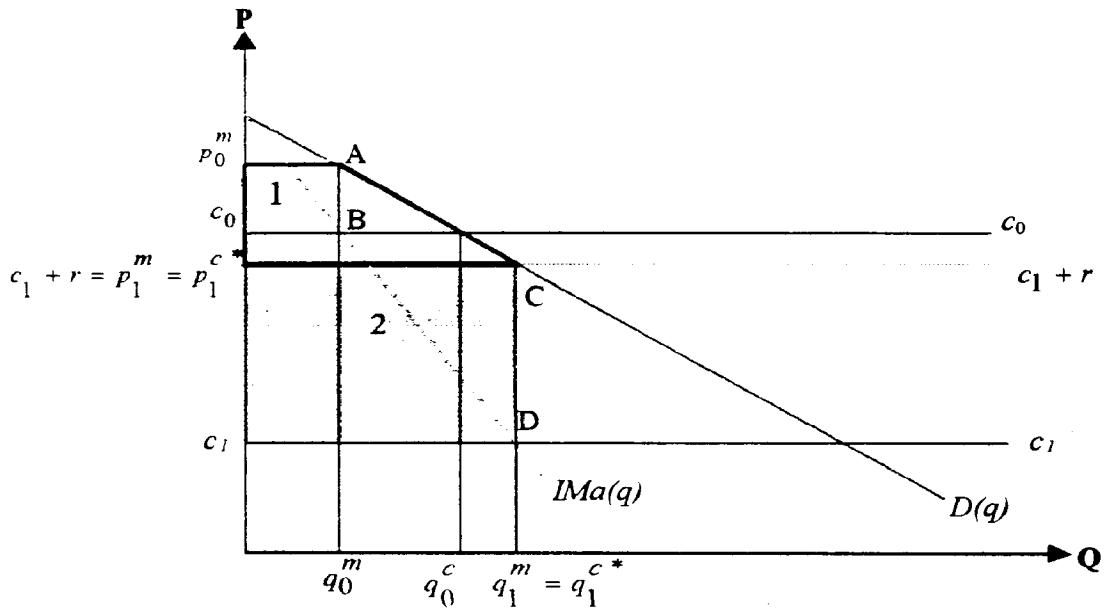
Una definición alternativa de innovación radical sitúa los costes totales de la nueva tecnología por debajo de los costes variables de la antigua; en caso contrario estaríamos ante una innovación menor.

Universidad de Huelva 2009

Una innovación mayor.

Si se produce una innovación mayor (o radical), como representa la Figura 3.3, los costes descienden hasta el nivel c_1c_1. Con la nueva tecnología, una empresa monopolista produciría una cantidad q_1^m que vendería a un precio p_1^m, que es más bajo que el coste marginal de la tecnología antigua, es decir, inferior al precio competitivo inicial. El monopolista obtiene así un beneficio extraordinario que viene determinado por el valor del área 2.

FIGURA 3.3. INTRODUCCIÓN DE UNA INNOVACIÓN MAYOR.



Fuente: Construida a partir de ARROW (1962), STONEMAN (1983) y RICHARD (1998).

Como puede comprobarse fácilmente, esta situación es preferida en sentido de Pareto respecto a la que había antes de la innovación, pues no sólo aumentan los beneficios de la industria (la empresa monopolista) en una cuantía medida por la diferencia entre las áreas 1 y 2, sino que además

Universidad de Huelva 2009

incrementa también el excedente del consumidor en el valor del área resaltada en verde.

En cuanto acabamos de exponer subyace la idea de coincidencia entre el inventor y el innovador en el mercado de producto, por lo que el reparto de los mayores beneficios derivados de la innovación queda claramente determinado gracias a esta integración vertical de las actividades de investigación y desarrollo y las de producción[85].

Sin embargo, si observamos el caso en el que dicha integración no tiene por qué existir y el inventor decide en qué términos y a cuántas empresas licenciar su patente, éste nos muestra una situación que sería más parecida a la de un monopolio bilateral, entre el inventor y el único posible innovador[86], en la que el reparto del aumento de beneficios se hará en función del poder de negociación que tenga cada uno de ellos. En este poder de negociación influirán, entre otros aspectos, el grado de protección legal que tenga el monopolista en el mercado del producto y la capacidad para producir que tenga el inventor.

Por otro lado, si la situación de partida fuese la de un mercado competitivo tal y como la acabamos de describir, en la que todas las empresas utilizan la tecnología antigua más costosa y un laboratorio, centro de investigación o investigador independiente, obtiene una tecnología que permite reducir costes de producción, es de esperar que la ofrezca al

[85] Esta es la opción adoptada por ARROW (1962a).

[86] Aunque el inventor encontrase preferible licenciar a dos o más empresas, el monopolio en el mercado del producto limitaría sus posibilidades de conceder licencias al único productor existente. STONEMAN (1983), p. 32.

Universidad de Huelva 2009

mercado a cambio de un canon o tarifa[87]. Dicha tarifa la establecerá con el objetivo de maximizar sus beneficios (Π^I) que, siendo q_1^c el volumen de producción en competencia después de la innovación y r el canon cobrado por producir con la nueva tecnología, pueden expresarse como sigue[88]:

$$\Pi^I = r \cdot q_1^c(\ c_1, c_1 + r)$$

El nuevo coste marginal deberá incluir el canon por utilizar la nueva tecnología, por lo que la condición de equilibrio, precio igual a coste marginal quedará como $p_1^c = c_1 + r$, que con una demanda rectilínea ($p = a - bq$) representa una producción de equilibrio cuyo valor, en función de cuál sea el canon, es:

$$q_1^c = \frac{a - (c_1 + r)}{b}$$

Si sustituimos esta expresión en la que define el beneficio del inventor, y puesto que éste, para maximizar su beneficio, procurará establecer aquel canon que haga que $\frac{\mathrm{d}\Pi^I}{\mathrm{d}r} = 0$, podremos determinar el

[87] Aunque podría plantearse la posibilidad de que sea una de las empresas en competencia la que genera la invención, hay dos razones para rechazarla. En primer lugar, que en competencia, con beneficios normales, las empresas no tienen incentivos para realizar gastos en I+D, sino para incorporar los resultados generados por otras empresas o por centros de investigación, cuyo riesgo es nulo. Por otro lado, en el caso de que la generase, puesto que ello le permitiría obtener unos beneficios extraordinarios que desaparecerían si la cediese a sus competidores, no parece plausible esta posibilidad. Es decir, sólo en aquellos mercados en los que la I+D constituya una variable estratégica podemos esperar que al menos algunas empresas realicen este tipo de actividades, generen invenciones que después conviertan en innovaciones y que incluyan las políticas de licencias dentro de su planificación estratégica.

[88] Por simplicidad hemos obviado la existencia de una cuota o canon de acceso a la tecnología. No obstante, una vez determinado el volumen de producción por parte de los licenciados la incorporación del canon de acceso al royalty unitario es trivial.

Universidad de Huelva 2009

valor óptimo del canon y el par precio cantidad que lleva asociados y que podemos expresar como sigue:

$$r^* = \frac{a - c_1}{2}$$

$$q_1^{c*} = \frac{a - c_1}{2b}$$

$$p_1^{c*} = c_1 + r_1^* = \frac{a + c_1}{2} = p_1^m$$

Como era de esperar, la nueva tecnología es un factor específico de la producción que, gracias a su especial productividad, permite abaratar los costes. Los aparentes beneficios extraordinarios que obtendría el innovador se reparten con el inventor cuando el mercado del producto es monopolista en función de la posición de fuerza negociadora entre inventor e innovador y de la integración vertical existente. Sin embargo, en un mercado competitivo, en vez de beneficios extraordinarios es preferible hablar de cuasi–rentas que se apropia el propietario del factor especialmente productivo, es decir, el inventor a través del canon.

En cualquier caso, debemos señalar que cuando se produce una innovación mayor, el resultado final es el mismo en un mercado monopolista que en uno competitivo. Tanto si es una sola empresa la que innova (se concede una única licencia, o el inventor explota directamente la nueva tecnología si es que existe integración vertical) como si se conceden licencias generalizadas, el par precio–cantidad es el mismo y ello independientemente de cual sea la estructura de mercado inicial. Igualmente en ambos casos, el excedente del consumidor se ve

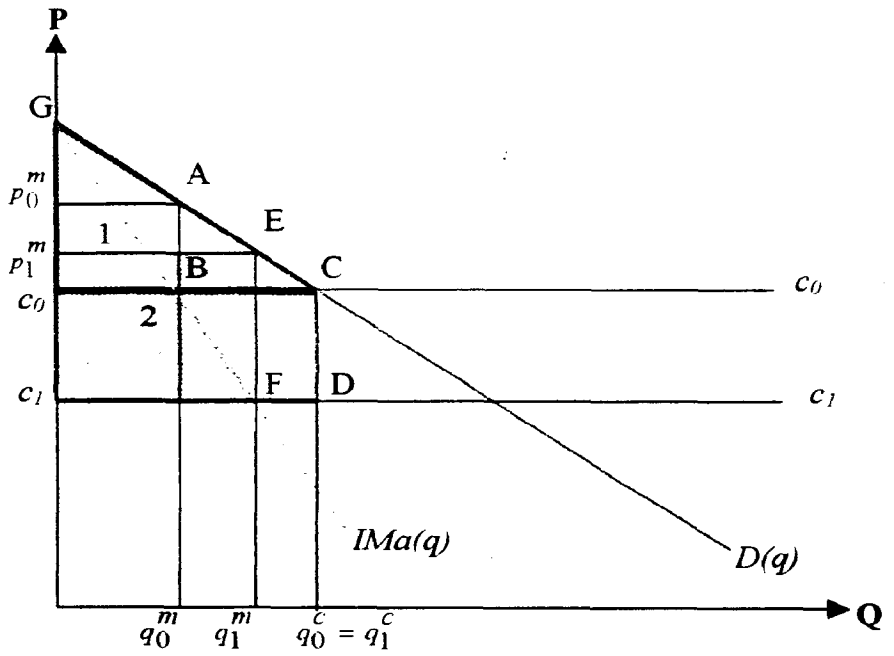
Universidad de Huelva 2009

incrementado gracias al intercambio de una mayor cantidad a un precio más bajo.

Una innovación menor.

Sin embargo no siempre se produce una innovación capaz de reducir los costes en una cuantía suficiente para que el precio de monopolio con la nueva tecnología quede por debajo del coste marginal de la tecnología antigua. Cuando la reducción de costes es de menor cuantía y nos encontramos por tanto ante una innovación menor, el análisis y las conclusiones difieren de las que acabamos de hacer.

FIGURA 3.4. INTRODUCCIÓN DE UNA INNOVACIÓN MENOR



Fuente: Construida a partir de ARROW (1962), ROMANO (1987) y RICHARD (1998).

La Figura 3.4 ilustra la introducción de una innovación de proceso menor que reduce los costes de producción, con demanda rectilínea y

Universidad de Huelva 2009

rendimientos constantes a escala. Si inicialmente el mercado tuviese una estructura monopolista, la empresa obtendría un beneficio extraordinario representado por el área $1(c_0 p_0^m AB)$, de color azul, y siendo (p_0^m, q_0^m) el par precio–cantidad de equilibrio.

En estas condiciones, el monopolista podría mantener su condición también con la nueva tecnología, incrementando sus beneficios[89] en un valor igual a la diferencia entre las áreas 1 $(c_0 p_0^m AB)$y $2(c_1 p_1^m EF)$, es decir el área $(c_1 c_0 BF)$ con (p_1^m, q_1^m) como par precio–cantidad de equilibrio. Esta situación sería socialmente preferida en el sentido de Pareto a la existente con la tecnología antigua, pues no sólo incrementa el beneficio de la industria, sino que también lo hace el excedente del consumidor en un valor igual al área $(p_1^m p_0^m AE)$,comprendida entre las dos líneas de precios de monopolio y la curva de demanda.

Pero si inicialmente el mercado fuese competitivo, el coste marginal de la tecnología antigua constituye un límite superior para el precio que se puede fijar con la nueva tecnología, incluido el canon por utilización de la tecnología. Es decir, $c_1 + r^* \leq c_0$ tanto si con la nueva tecnología se produce en régimen de monopolio como en competencia. Esto significa que, partiendo de un mercado competitivo, una innovación menor no puede dar lugar a un mercado monopolístico por el límite superior que encuentra el precio en el coste marginal de la tecnología antigua. Además, el inventor para maximizar los beneficios tendrá que procurar maximizar la cantidad

[89] Por supuesto, estos beneficios se repartirán con el inventor en caso de no existir integración vertical en función del poder de negociación que tengan ambos.

Universidad de Huelva 2009

producida con la nueva tecnología al no poder incrementar el precio, lo que le obliga a conceder varias licencias (en el caso de un centro de investigación independiente) o a conceder licencias a sus competidores, si la invención procede de una empresa.

Los resultados son, en primer lugar, que el excedente del consumidor se mantiene inalterado (en la cantidad que indica el área (c_0GAEC) del triángulo resaltado en verde), así como el precio y la cantidad de equilibrio, o lo que es lo mismo, la competencia en el mercado del producto no se ve alterada por esta innovación menor. Por otro lado, los beneficios de la industria y/o del inventor aumentan en el área (c_1c_0CD) del rectángulo resaltado en color violeta. En definitiva, también en el caso de una innovación menor se avanza hacia una situación socialmente preferida en el sentido de Pareto, pues una parte de la sociedad (industria y/o inventor) mejora su posición sin que la otra (consumidores) la empeoren.

Una interesante conclusión comparativa es que mientras para una innovación mayor basta con que sea adoptada por una única empresa para que se obtengan todos los potenciales incrementos de beneficios a ella asociados, en el caso de una innovación menor su introducción debe tener lugar en varias empresas para la obtención de todo el incremento potencial de beneficios. Además, mientras una innovación mayor beneficia tanto a consumidores como a la industria y el inventor, en el caso de una innovación menor sólo obtienen mayores beneficios los dos últimos, sin que los consumidores experimenten mejora en su posición.

En el caso en que consideremos un duopolio como tipo de mercado en el que las empresas pueden tener incentivos para investigar e innovar al

Universidad de Huelva 2009

tiempo que existe cierto grado de competencia entre las empresas, vemos como el innovador debe tener en cuenta dos efectos a la hora de decidir si conceder o no una licencia a la otra empresa, pues la licencia no sólo difunde la tecnología, sino que hace del competidor un rival serio. Esto explica el que la concesión de una licencia sólo se lleva a cabo si tiene como efecto un aumento de los beneficios de la industria, que el innovador puede apropiarse a través de los cánones y royalties establecidos como pago en el contrato de licencia. Esto significa que sólo se concederán licencias si se espera que el efecto positivo sobre los beneficios conjuntos de la reducción en los costes de la empresa que obtiene la licencia sea mayor que el potencial efecto negativo de la reducción en los beneficios de quien la concede.

Por último, desde el punto de vista de un inventor independiente, resulta más ventajosa la posición en un mercado competitivo, porque en la puja de las diferentes empresas por la nueva tecnología lograría apropiarse de todo el aumento en los beneficios de la industria derivado de la reducción en los costes conseguida con la nueva tecnología. Sin embargo, en un mercado monopolista sólo conseguiría, en el mejor de los casos, la diferencia entre los beneficios de monopolio asociados a cada una de las dos tecnologías. Como puede comprobarse en la figura 3.4, en el caso de una innovación menor, ni siquiera se generan todos los beneficios potenciales asociados a la introducción de la nueva tecnología reductora de costes. A partir de estas relaciones es posible concluir que un mercado

Universidad de Huelva 2009

competitivo genera mayores incentivos para innovar que uno en régimen de monopolio, especialmente en el caso de una innovación menor[90].

Expresado en otras palabras, el modelo de Arrow considera que la nueva tecnología es ofrecida en régimen de monopolio, bien por la empresa monopolista que innova, bien por un inventor independiente. En este último caso, ante un mercado competitivo se comportaría como monopolista de oferta para la nueva tecnología. Ello le permitiría adoptar un comportamiento maximizador del beneficio y apropiarse de todo el incremento de beneficios de la industria, generado por la reducción de costes derivados de la nueva tecnología. Estos beneficios se convierten así en cuasi–rentas de las que se apropia el propietario del factor de producción especializado que los genera, la nueva tecnología. Sin embargo, ante un mercado monopolista se produciría un monopolio bilateral, en que el reparto de beneficios dependerá del poder y habilidad de negociación de cada monopolista. En este caso no está seguro ni siquiera de aprovecharse de la diferencia entre los beneficios de monopolio con cada una de las tecnologías[91].

El modelo de Arrow es sin embargo criticable en la medida en que el innovador independiente sea capaz, gracias a la innovación de contestar al mercado[92]. En este caso, al entrar al mercado el innovador está en disposición de apropiarse de todos los beneficios generados en la industria por la reducción de costes. Para ello basta con que fije el precio de

[90] Estas son las principales conclusiones de ARROW (1962a)

[91] STONEMAN (1983), p.32.

[92] ROMANO (1987).

Universidad de Huelva 2009

monopolio con la tecnología, si la innovación es radical, o en precio igual al coste marginal de la tecnología antigua, si se trata de una innovación menor.

Es más, en el caso de una innovación menor, es posible que existiendo un monopolio inicial existan incentivos para una colusión entre el monopolista y el entrante innovador[93]. Tras la innovación, el beneficio de la industria es mayor en monopolio que en competencia. Si el innovador constituye una amenaza creible de entrada al mercado, el monopolista tendrá incentivos para pagar al innovador por no entrar una cuantía igual al beneficio que obtendría en un mercado en competencia y poder mantener así algún beneficio de monopolio. El entrante innovador anticipa este hecho y lo incorpora al contrato de licencia e incrementa el precio de la misma. La colusión se ha producido sin dejar un rastro aparente que sea sancionable por las autoridades en materia de defensa de la competencia. El coste de la licencia tendrá por tanto dos límites. Uno inferior determinado por la cuantía mínima que exige el innovador por licenciar y quedarse fuera del mercado. Este límite es el beneficio que obtendría licenciando su innovación en una industria competitiva. El límite superior viene determinado por el precio máximo que estaría dispuesto a pagar el monopolista por evitar la entrada del innovador, que sería el beneficio de monopolio con la nueva tecnología[94].

[93] SHAPIRO (1985).

[94] ROMANO (1987).

Universidad de Huelva 2009

3.2.4. La cooperación entre empresas en I+D

La cooperación entre empresas es una alternativa tanto a la coordinación externa establecida por el mercado como a la coordinación interna establecida gracias a la jerarquía[95]. Al hablar de cooperación entre empresas en materia de I+D estamos haciendo mención a los acuerdos adoptados por las empresas antes de que las innovaciones estén puestas en el mercado o patentadas. Estos acuerdos pueden tomarse *ex–ante*, es decir, antes de que las actividades de investigación se hayan iniciado o bien pueden ser *ex–post*, es decir, una vez que los esfuerzos de una o de varias empresas en común hayan dado sus frutos, se alcanzan acuerdos sobre dichos resultados o sobre futuros desarrollos en común.

Cuando una empresa necesita realizar una actividad se encuentra con tres alternativas para ello: organizarla internamente (hacerla), recurrir a las transacciones de mercado (comprarla) o desarrollar un acuerdo de cooperación con una o más empresas. A través de estos acuerdos "las empresas..... están buscando combinar sus fortalezas y superar las debilidades en una colaboración que es más amplia y profunda que los acuerdos de comercialización y licencias de tecnología.... Las empresas, de forma general, persiguen acuerdos de cooperación en orden a ganar un acceso más rápido a nuevas tecnologías o nuevos mercados, para beneficiarse de las economías de escala en la investigación conjunta y/o producción, para explotar las fuentes de know–how localizadas fuera de los límites de la empresa, para compartir el riesgo de actividades que están más

[95] RICHARDSON (1972).

Universidad de Huelva 2009

allá del alcance o capacidad de una organización simple, para contratar habilidades complementarias, etc"[96].

Cuando se tiene en cuenta la innovación, las relaciones entre empresas son muy variadas y complejas, incluyendo cualquier cosa desde intercambios informales de información hasta "joint–ventures" y otros acuerdos formales de cooperación[97]. Estos acuerdos pueden consistir en alianzas estratégicas para el desarrollo coordinado de una tecnología y pactos de colaboración general en investigación (consorcio de investigación) mediante el intercambio de conocimiento y/o la puesta en común de inputs de I+D, los acuerdos sobre licencias y reciprocidad, la creación de empresas conjuntas (filiales comunes) para la I+D y otras actividades innovadoras, la participación a través de acuerdos de capital (financiación directa de los proyectos y participación en la propiedad) en empresas de alta tecnología, la creación de empresas y organizaciones satélite dedicadas a la investigación y la innovación y los acuerdos de suministro y colaboración entre el proveedor de un input especializado y el productor[98].

Para que estos acuerdos sean considerados de cooperación deben cumplir tres requisitos: mantenimiento de la personalidad jurídica independiente de los participantes, establecimiento con un plazo de duración razonablemente largo (no basta con un acuerdo por una única

---

[96] AGUADO (1999), pp. 99–100.

[97] VON HIPPEL (1987).

[98] Véase MARITI y SMILEY (1983), PORTER y FULLER (1988), MARITI (1989), RICHARD (1998), pp. 91–92 y AGUADO (1999), pp. 105–188 para un tratamiento más detallado.

Universidad de Huelva 2009

operación de suministro o una colaboración puntual en un momento concreto) y establecimiento de forma explícita (no basta con que la mayoría de los suministros procedan de un único proveedor, se requiere que haya un entendimiento explícito para que esto sea así) aunque no necesariamente a través de un contrato escrito[99].

La preferencia por una u otra forma, desde el punto de vista de los consumidores, los productores y el conjunto de la sociedad dependerá de las condiciones de cada caso y deberá hacerse a partir de un cálculo de los efectos sobre el excedente de cada una de ellas.

Sin embargo, desde el punto de vista de las empresas participantes en el acuerdo, la adopción de una u otra tiene más que ver con la existencia de "usuarios gratuitos" y de las características de bien público de los resultados de la investigación, que pueden generar una subinversión en el caso de la empresa cooperativa como resultado de una maximización individual por parte de algunos de los participantes en el acuerdo. Por el contrario, en la empresa concentrativa se consiguen internalizar todos los costes, lo que permite solventar el problema de usuario gratuito. En definitiva, la importancia de los costes de desarrollo de los activos va a ser determinante a la hora de que las empresas se decanten por una forma u otra de llevar a cabo el acuerdo.

a) Los incentivos para cooperar

Los factores que justifican la adopción de la cooperación como parte del comportamiento estratégico de las empresas han sido recientemente

[99] MARITI y SMILEY (1983).

Universidad de Huelva 2009

expuestas de forma clara por Aguado[100] y son tanto estructurales como coyunturales. Los factores estructurales son el incremento y globalización de la competencia y, derivado de éste, la necesidad de renovación y modernización constantes por parte de la empresa. Los factores coyunturales se encuentran asociados a las condiciones cambiantes en ambos lados del mercado, como son las exigencias de los clientes, productores–competidores, los proveedores, los cambios en los gustos y las modas.

Si atendemos a los efectos sobre la estructura de mercado, vemos que, en general, los acuerdos de cooperación pueden llevar a una situación en que la competencia se vea lesionada por prácticas colusivas derivadas de los mencionados acuerdos. Sin embargo, la cooperación en actividades de I+D es una forma de colusión entre empresas que habitualmente suele incluirse dentro de las excepciones a las acciones prohibidas por la legislación de defensa de la competencia, alegando su contribución al crecimiento y desarrollo económico y al bienestar general[101].

---

[100] AGUADO (1999), p. 105.

[101] En D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988) se demuestra cómo el comportamiento cooperativo puede mejorar el bienestar social, especialmente en industrias con pocas empresas y en las que las externalidades asociadas a las actividades de I+D son importantes.

Véase también KAMIEN, MULLER y ZANG (1992) para una demostración de cómo los acuerdos de cooperación incrementan la suma del excedente del consumidor y del productor, es decir, el bienestar social.

En JACQUEMIN (1988) se encuentra que en la legislación antimonopolio europea se encontraban más obstáculos a la cooperación en I+D que a la colusión en otras áreas, a pesar de los efectos positivos sobre el bienestar social de los mencionados acuerdos de cooperación en I+D. Aunque reconoce que la legislación europea es más permisiva en este aspecto que la norteamericana, señala su insuficiencia, a pesar de las mejoras introducidas a partir de 1985 con la posibilidad de realizar "exenciones por categorías" a la legislación en materia de defensa de la competencia.

Universidad de Huelva 2009

Pero, ¿qué elementos motivan que las empresas estén dispuestas a cooperar en estas materias aunque compitan en otros aspectos, y qué otros factores les llevan a no cooperar?. Inicialmente podría parecernos un error estratégico, siendo preferible el desarrollo individual de las actividades de innovación. La razón es que la posición de monopolio del innovador y la posibilidad de obtener incrementos de beneficios a través de la concesión de licencias a otras empresas desaparecen si la innovación se genera a través de la cooperación entre empresas[102].

Igualmente, adoptando una perspectiva schumpeterina de competencia a través de la innovación o lucha por el monopolio del empresario innovador, podemos encontrar argumentos en contra de la cooperación en innovación. Si la capacidad para generar innovaciones depende del aprendizaje y la experiencia acumulada, la empresa que introdujo la innovación posee una ventaja sobre sus rivales, que compartiría en caso de llegar a un acuerdo de cooperación. Además, durante el período de monopolio del innovador obtendría unos beneficios superiores a los de sus rivales que le permitirían incrementar sus gastos en I+D y otras actividades innovadoras. En la medida en que la capacidad de innovar depende de los recursos consagrados, tiene así una ventaja que compartiría necesariamente con los acuerdos de cooperación. En última instancia no debemos olvidar que la cooperación puede ser muy peligrosa cuando se realizan acuerdos

En PALMA y CANTERO (1994) encontramos un amplio análisis de todos los aspectos, con especial atención a la adaptación de la normativa española a la comunitaria, materializada en el RD de 1992 sobre exenciones por categorías.

[102] De hecho, como señala AGUADO (1999), pp. 105–106, hasta fechas muy recientes la cooperación se consideraba un subóptimo, una opción que solo debía tomarse para aquellas actividades que no podían realizarse internamente en la empresa.

Universidad de Huelva 2009

horizontales con empresas que pueden constituir serios rivales en el mercado del producto[103].

Sin embargo, los costes en los que es necesario incurrir para llegar a desarrollar una invención (obtener resultados tangibles de las actividades de I+D) son cada vez mayores[104] y conllevan un elevado nivel de riesgo, dada la incertidumbre sobre dichos resultados de la actividad investigadora. En estas condiciones, la cooperación en materia de I+D se presenta como una forma de compartir los costes, evitar duplicidades en el gasto y diversificar los riesgos inherentes a dicha actividad.

Así, un acuerdo de cooperación *ex–ante* para compartir los resultados de las actividades globales de I+D reduce el riesgo de realizar una investigación estéril para cada empresa participante, pues podrá beneficiarse de los resultados de sus socios[105]. Igualmente permitirá que cada empresa pueda desarrollar una línea de investigación complementaria a las de las demás en vez de realizar todas ellas investigaciones sustitutivas, con la consiguiente racionalización del uso de los recursos, es decir, mejorando la eficiencia asignativa al evitar duplicidades en los gastos en I+D y así conseguir desarrollar la misma tecnología a un menor coste total. Desde el plano individual se consigue eliminar así la barrera de entrada que constituiría el elevado volumen de gastos de I+D que tendría que asumir cada empresa individual en ausencia de la cooperación[106].

---

[103] JACQUEMIN (1985).

[104] Este fenómeno ya fue señalado por GALBRAITH (1952), en especial pp. 91–92.

[105] RICHARD (1998), p. 95.

[106] KAMIEN, MULLER Y ZANG (1998), p. 1293.

Universidad de Huelva 2009

Además, las empresas participantes en el acuerdo gozarán de una ventaja competitiva respecto a las que se quedan fuera del mismo, que deberán incrementar sus esfuerzos individuales en investigación, asumir por tanto mayores riesgos y sólo podrán ofrecer a sus clientes sus propias innovaciones, no el conjunto de innovaciones generadas por todas las empresas del consorcio, posibilidad que queda restringida a las empresas participantes en dicho acuerdo[107].

Desde un punto de vista más operativo, la cooperación en I+D y otras actividades innovadoras, más allá de la reducción del riesgo individual gracias a su distribución entre los participantes en el acuerdo, tiene al menos otras dos ventajas frente a la iniciativa individual. Por un lado, introduce flexibilidad en los mecanismos y sistemas de innovación frente a la rigidez y acelera el aprendizaje y burocratización de los grandes laboratorios de una única empresa. Por otro, permite un mayor aprovisionamiento de capital financiero y en mejores condiciones[108].

Todos estos motivos son resumidos por Narula[109] como sigue: (a) mejorar la apropiabilidad de la innovación, (b) mejorar el acceso a los mercados, (c) convertirse en competitivas o bloquear la competencia, (d) reducir los costes y riesgos de la actividad innovadora y (e) adquirir otros complementarios. Señala además que el tercero de los motivos es

---

[107] KATZ y SHAPIRO (1986) encontraron que las empresas que se quedan fuera de los acuerdos experimentan una reducción en sus beneficios cuando la innovación efectivamente tiene lugar.

[108] JACQUEMIN (1988), pp. 551–552.

[109] NARULA, R.(1998): "Strategic technology alliances by European firms since 1980: questioning integration". MERIT Working Paper Series 98–09. Citado en AGUADO (2000), p.9.

Universidad de Huelva 2009

consecuencia de la cada vez mayor apertura de los mercados, mientras que los dos últimos son debidos al fenómeno de la globalización y se han convertido gradualmente en los más importantes.

Queremos concluir con la enumeración de los factores que afectan la que podemos llamar "propensión a cooperar", que han sido recientemente expuestos de forma clara y sucinta por Aguado[110], a partir de una extensa revisión de la literatura sobre cooperación:

"1.- Aunque en principio puede parecer que la cooperación en I+D se ve influenciada positivamente por el tamaño de la empresa, los estudios empíricos no muestran una relación concluyente...

2.- La creciente complejidad tecnológica de algunos sectores industriales impulsa a las empresas a establecer acuerdos de cooperación para hacer frente a ella...

3.- La existencia de un departamento de I+D facilita la cooperación en I+D...

4.- La existencia de financiación pública favorece el comportamiento cooperativo en materia de I+D...

5.- Las empresas con menor potencial innovador serán más propensas a celebrar acuerdos de cooperación en I+D con el objetivo de bien cubrir esa carencia, o bien, alcanzar el potencial necesario para llevar a cabo actividades de I+D...

[110] AGUADO (2000), pp. 10–13.

Universidad de Huelva 2009

6.- Las empresas que tengan entre sus objetivos la renovación, ya sea total o parcial, de sus productos o procesos estarán más dispuestas a cooperar en I+D".

Pero para que las empresas cooperen se requiere no sólo que exista una ventaja potencial asociada a la cooperación, sino que también se den unas condiciones objetivas que favorezcan y permitan que se lleve a cabo. La principal de estas razones es que exista complementariedad de los activos de I+D de que dispone cada empresa, sin que ninguna de ellas disponga de todos los activos necesarios para llevar a cabo el conjunto de innovaciones[111].

b) Los resultados teóricos de los acuerdos de cooperación

Como ya hemos señalado, la cooperación en I+D supone un acuerdo de actuación conjunta entre varias empresas, por lo que su estudio quedaría dentro de los efectos de la colusión. Sin embargo, no podemos recurrir a los modelos habituales de oligopolio, en los que las empresas bien deciden cooperar por completo, bien se deciden por no cumplir el acuerdo en ninguno de sus términos. Por el contrario, los acuerdos en materia de I+D son acuerdos de cooperación parcial, lo que significa que el hecho de que las empresas lleguen a un acuerdo de este tipo no presupone nada acerca de la cooperación o no en otros ámbitos, pudiendo perfectamente cooperar o competir en esos otros aspectos de su actividad, en especial en los mercados de productos[112].

---

[111] TIROLE (1990).

[112] D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988), p. 1133.

Universidad de Huelva 2009

Bajo este supuesto, los resultados de los acuerdos de cooperación en I+D pueden ser diferentes de los que predicen los modelos tradicionales de oligopolio. Es decir, la cooperación entre empresas en materia de I+D y otras actividades innovadoras no tiene por qué suponer un mayor poder de monopolio en el mercado del producto con la consiguiente reducción de la producción y aumento de los precios y beneficios de las empresas participantes en el acuerdo.

El modelo más utilizado para estudiar los efectos de los acuerdos en materia de I+D en diversas formas de colaboración parte de un duopolio en el que la función de demanda del mercado es lineal y de pendiente negativa, las dos empresas son simétricas y tienen funciones de coste lineales, crecientes con el volumen de producción y decrecientes con el esfuerzo en investigación realizado tanto por cada una de ellas como por su rival aunque con rendimientos decrecientes en el gasto en I+D. Es decir el "desbordamiento"[113] de los resultados de la investigación de una empresa hacia la otra (imitación) acaba teniendo un efecto positivo para la primera, pues reduce sus costes unitarios. El modelo queda por tanto definido mediante las siguientes ecuaciones[114]:

[113] *Spillover*.

[114] Tanto las ecuaciones como su especificación y explicación proceden de D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988), parcialmente corregido en D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1990), al detectar algunos errores en su presentación inicial.

Universidad de Huelva 2009

$$D(Q) \equiv p = a - bQ$$

$$Q = (q_1 + q_2) \leq \frac{a}{b}$$

$$C_i(q_i, x_i, x_j) = (A - x_i - \beta x_j) \cdot q_i, \quad i, j = 1,2, \quad i \neq j$$

$$a, b > 0, \quad 0 < A < a, \quad x_i + \beta x_j \leq A, \quad 0 < \beta < 1$$

C_i es la función de costes de cada empresa, en la que q_i es la cantidad por ella producida, x_i sus gastos en I+D y x_j los de su rival. El parámetro β representa el nivel o proporción de aprovechamiento de la I+D y las innovaciones generadas por la empresa rival[115]. Es decir, existen externalidades positivas en el proceso de I+D[116], cuya fortaleza viene medida por el valor del parámetro β.

Consideran dos tipos posibles de acuerdos. Uno llamado de "etapa precompetitiva" en el que las empresas comparten información básica y esfuerzos en I+D, manteniendo su comportamiento competitivo (rivalidad) en el mercado de productos[117]. El otro tipo de acuerdo va más allá y se extiende hasta el mercado del producto, encontrándose justificado por la dificultad de proteger la propiedad intelectual en caso contrario. Es decir, se trata de controlar conjuntamente los procesos y productos que incorporan los resultados de su colaboración para así poder recuperar los

[115] Es lo que D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1990) llaman "spillover parameter" o "parámetro de desbordamiento", denominación que se encuentra en HENRIQUES (1990), quién hace una revisión crítica del modelo inicial de D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988), en el que no se hacía uso explícito de dicha denominación.

[116] Recuérdese que $0 < \beta < 1$.

[117] Citan como ejemplo el European Strategic Program for R&D in Information Technologies (ESPRIT), el Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC) en los Estados Unidos y Very Large–Scale Integration Program (VLSI) en Japón.

Universidad de Huelva 2009

rendimientos derivados de la inversión, también conjunta, en I+D[118]. La estrategia de las empresas se establece en dos etapas. En la primera deciden su nivel de gasto en I+D, mientras que en la segunda toman sus decisiones de producción en función de su elección anterior de I+D.

Ante las empresas se abren tres posibilidades. La primera consiste en mantener un comportamiento competitivo tanto en materia de I+D como en el mercado del producto, una segunda consiste en cooperar en I+D y mantener la competencia en el mercado del producto y, por último, la cooperación tanto en I+D como en el mercado del producto. Es decir, puesto que las empresas establecen su estrategia en dos etapas, las opciones son no cooperar en ninguna de ellas, cooperar sólo en la primera o, finalmente, cooperar en ambas.

Las distintas estrategias tendrán efectos diferentes tanto sobre el nivel de producción como sobre los gastos en I+D y el bienestar social. Por ello comparan en producción y gastos de I+D las tres posibles estrategias entre sí y respecto a la producción y el nivel de I+D que maximizaría el bienestar social[119]. Fruto de esta comparación encuentran que, además de la

---

[118] El ejemplo ilustrativo que ponen para este caso es el proyecto EUREKA de investigación común de varios países europeos con objetivos muy concretos, para la explotación conjunta de los resultados.

[119] Es habitual considerar que el bienestar social, entendido como la suma del excedente del consumidor y del productor, se ve incrementado en los mercados competitivos frente a los monopolistas al expandirse la producción y eliminarse la "pérdida de peso muerto". Esta es una de las formas en que la cooperación (especialmente en el mercado del producto) puede afectar, negativamente, al conjunto de la sociedad. Pero, dadas las especiales características de los procesos innovadores, es posible que gracias a la cooperación se realizan mayores gastos en I+D, que permitiesen un mayor volumen de producción y/o una mayor variedad y calidad en los productos. En este caso, gracias a la cooperación podría incrementarse el bienestar social. D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988) encontraron que el incremento del bienestar social requería no sólo mayores niveles de producción sino también mayores niveles de I+D.

Universidad de Huelva 2009

estrategia adoptada, los niveles de producción y el volumen de I+D dependen de la intensidad o fortaleza de las externalidades[120]. Las principales conclusiones son:

a) Con externalidades fuertes (β>0,5) la "cooperación precompetitiva" (sólo en I+D) genera mayores volúmenes de producción y de I+D[121] que la estrategia no cooperativa.

b) También con externalidades fuertes, la cooperación en ambas etapas (tanto en I+D como en el mercado del producto) genera mayores niveles de gastos en I+D que la cooperación precompetitiva y que la estrategia no cooperativa[122], mientras que el volumen de producción es el menor de las tres estrategias.

c) Al comparar, igualmente con externalidades fuertes, los niveles de producción y gastos en I+D de cada una de las tres estrategias posibles con los que maximizarían el bienestar social (suma de excedentes) encuentran la siguiente relación[123]:

$$x^{**} > \tilde{x} > \hat{x} > x^{*}$$

---

[120] esta dependencia fue señalada de forma explícita por HENRIQUES (1990), mientras que D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988) sólo lo hacen implícitamente.

[121] Ello se debe a que encuentran mayores beneficios (por una reducción en los costes) en el caso de la cooperación en I+D que en ausencia de dicha cooperación. Esto es un fuerte incentivo para que las empresas incrementen la I+D cooperativa.

[122] La justificación que dan es que la reducción de la competencia en el mercado del producto permite a las empresas capturar una mayor parte del excedente creado por su innovación y las induce a incrementar sus gastos en I+D.

[123] Se utiliza el doble asterisco para indicar los niveles correspondientes a la maximización del bienestar, el tildo (~) para la cooperación en ambas etapas (I+D y mercado del producto), el circunflejo (^) para la cooperación precompetitiva (sólo en I+D) y el asterisco simple para la estrategia no cooperativa.

Universidad de Huelva 2009

$$Q^{**} > \hat{Q} > Q^{*} > \tilde{Q}$$

La principal relación concluyente que puede extraerse es que la cooperación precompetitiva es socialmente preferible a la situación no cooperativa, puesto que se incrementan tanto el output como la inversión en I+D. Sin embargo, de la cooperación tanto en I+D como en el mercado del producto no pueden extraerse conclusiones generales al incrementar los gastos en I+D y reducirse la cantidad producida. El efecto final dependerá en cada caso de si el incremento en el bienestar obtenido con las mayores reducciones en los costes gracias a un mayor volumen de I+D es suficiente para compensar la reducción del bienestar debida a la menor cantidad producida.

Por otro lado, también puede concluirse que, con externalidades fuertes la cooperación tiende a incrementar el nivel de gasto en I+D. Si, además, como hemos señalado anteriormente, también se racionaliza dicho gasto al evitar (o al menos reducir) duplicidades en el mismo, los efectos positivos sobre el bienestar son claros: habrá mayores reducciones en los costes de producción, lo que permitirá reasignar los factores productivos de forma más eficiente.

d) Por el contrario, si las externalidades fuesen débiles ($\beta \leq 0{,}4$), las relaciones serían las siguientes[124]:

$$x^{**} > x^{*} \geq \tilde{x} > \hat{x}$$
$$Q^{**} > Q^{*} > \hat{Q} > \tilde{Q}$$

[124] D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1990), en que corrigen el error en estas relaciones en su versión inicial de 1988.

Universidad de Huelva 2009

Como puede verse, si las externalidades son débiles (cada empresa puede aprovecharse de la I+D de sus rivales sólo en muy escasa medida) la situación no cooperativa es socialmente preferible a cualquier tipo de cooperación, tanto en output como en gasto de I+D. La razón es que ambos se ven reducidos (y con ellos el bienestar) a través de la cooperación.

Estos resultados han sido posteriormente revisados[125]. De la revisión salen confirmados los resultados para el caso en que las externalidades son fuertes, pero son cuestionados los obtenidos con externalidades débiles.

La principal conclusión de esta revisión es que el modelo de D'Aspremont y Jacquemin depende de que el equilibrio no cooperativo sea estable. Como en el mercado del producto; el equilibrio no cooperativo es siempre estable, dadas las especificaciones del modelo, Henriques encuentra que la validez depende de la estabilidad del equilibrio no cooperativo en el ámbito de la I+D.

Para estudiar la estabilidad utiliza las curvas de reacción en I+D de ambas empresas. Encuentra que para niveles muy bajos de externalidad ($\beta<0,17$) el equilibrio es inestable, por lo que el modelo no es válido. Para niveles relativamente bajos de externalidad ($0,17<\beta<0,41$) el equilibrio es estable, pero las relaciones entre cantidades y niveles de I+D son las que posteriormente corrigieron D'Aspremont y Jacquemin y que hemos

[125] La revisión fue realizada por HENRIQUES (1990) respecto a la versión de D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1988) y no tiene cuenta las correcciones efectuadas en D'ASPREMONT y JACQUEMIN (1990), quienes si que tienen en cuenta las críticas del mencionado trabajo de Henriques. Ambos trabajos son publicados en páginas correlativas en el vol. 80, nº 3, Junio de 1990 del *Americam Economic Review*.

Universidad de Huelva 2009

indicado más arriba. Para externalidades fuertes el equilibrio es estable y el modelo se confirma.

Por otro lado, el fomento de acciones de refuerzo de externalidad (favoreciendo por ejemplo la difusión de los resultados de I+D hace que el acuerdo no cooperativo se haga más estable, pues las empresas tienden a comportarse como "usuarios gratuitos" de la I+D de sus rivales. En tal caso la I+D total disminuye. Por el contrario, en un modelo cooperativo, el refuerzo de las externalidades favorece los acuerdos de cooperación total, es decir, en I+D y en el mercado del producto. El efecto en este caso es un aumento de los gastos totales en I+D.

El modelo de D'Aspremont y Jacquemin ha permitido extraer otras importantes conclusiones a partir de varias revisiones críticas en las que se verifica su validez y significatividad[126]. Por un lado, generalizando el modelo para considerar la posibilidad de que haya más de dos empresas (estemos ante un oligopolio) y de que los productos no fuesen homogéneos sino diferenciados y considerando dos tipos de cooperación, el intercambio de información y resultados de la actividad de I+D (por ejemplo con licencias cruzadas) y la coordinación de las actividades de I+D[127]. La principal conclusión es que la cooperación entre empresas es sólo deseable si se hace a través de la coordinación de las actividades de I+D, mientras que si sólo se hace a través del intercambio de información y de los resultados de las actividades individuales de I+D, los resultados son peores

[126] Nosotros prestamos especial atención a KAMIEN, MULLER y ZANG (1998) y SUZUMURA (1992), en los que también encontramos una exposición de los diferentes trabajos y sus enfoques.

[127] KAMIEN, MULLER y ZANG (1998).

Universidad de Huelva 2009

que los que se obtendrían en ausencia de cooperación[128]. Además, encuentran que, en aquellos casos en que la I+D requiere una inversión mínima, es posible que sólo pueda hacerse a través de una cooperación entre empresas, pero no por empresas individuales.

De otra parte, a través de una generalización en la que se consideren más de dos empresas, un producto homogéneo y, para las comparaciones con la situación socialmente óptima, se consideren funciones de bienestar social a partir de óptimos de primer y de segundo orden[129]. Dos son las principales conclusiones que podemos extraer a partir de este modelo. La primera es que con externalidades (efecto desbordamiento) fuertes, cualquier nivel de I+D privado (cooperativo o no) es socialmente insuficiente, por lo que toda política pública que fomente y facilite el incremento de los gastos en I+D incrementará el bienestar social. La segunda es que si las externalidades son muy débiles o no existen, el equilibrio cooperativo genera niveles de I+D socialmente insuficientes y el no cooperativo los genera socialmente excesivos.

Una forma alternativa de interpretar el comportamiento cooperativo o no cooperativo de las empresas en materia de I+D consiste en considerarlas envueltas en una carrera por la patente. Es decir, una competición por el monopolio que obtiene el primero en patentar una innovación. Para tomar

---

[128] Al coordinar todas las actividades innovadoras, las empresas obtienen mayores beneficios y establecen precios más bajos que en competencia. Sin embargo, al compartir solo los resultados finales de dichas actividades, el nivel de mejora tecnológica es el menor de todos y el precio es el más elevado.

[129] SUZUMURA (1992), quien encuentra que las conclusiones cualitativas son las mismas tanto para las funciones de bienestar social con óptimos de primer orden como de segundo orden.

Universidad de Huelva 2009

sus decisiones sobre producción y gastos en investigación, las empresas consideran, por un lado la variación que puede esperar en sus beneficios gracias a los resultados obtenidos de sus gastos en I+D en caso de ganar la carrera (W) y en caso de perderla (L), y por otro, la probabilidad de ganar y de perder en la competición[130].

Al objeto de simplificar el modelo, los autores suponen que los valores de L y W son idénticos para todas las empresas y, de forma general, incluyen los efectos de la posterior concesión de licencias, de la imitación y de los esfuerzos encaminados a rodear la patente obtenida por el vencedor. También por motivos de simplificación, el análisis se hace bajo el supuesto de simetría en las externalidades (efectos desbordamiento) asociadas a la I+D, en las que distinguen dos tipos. Por un lado, las externalidades técnicas, cuyo coste es nulo, y las estratégicas, que sólo se obtienen si la empresa que se beneficia de ellas realiza un esfuerzo (incurre en un coste) encaminado a tal objetivo.

En el caso de las *externalidades técnicas* cada empresa se beneficia no sólo de su propia I+D sino también, parcialmente, de la realizada por las demás. Es decir, la probabilidad de que una empresa gane la patente se incrementa a medida que aumenta su volumen de I+D y también a medida que aumenta el volumen del resto de la industria.

Las *externalidades estratégicas* surgen cuando los resultados de la I+D de cada empresa dependen exclusivamente del nivel de su propio esfuerzo en I+D sin que se vea beneficiada por la I+D de las demás. En este caso, cualquier empresa que pretenda obtener un desbordamiento de la I+D

[130] KATZ y ORDOVER (1990). Véase también KATZ (1986).

Universidad de Huelva 2009

de sus rivales (imitarlas) deberá realizar algunos gastos (normalmente de I+D) a tal efecto. Por ello, a medida que una empresa incrementa sus gastos en I+D no sólo incrementa sus posibilidades de ganar la carrera por la patente, sino que además reduce las posibilidades de las demás[131].

Las empresas se decidirán a cooperar si el valor esperado de sus beneficios al cooperar (porque se incrementa la probabilidad de ganar la carrera o, desde otra perspectiva, se reduce la probabilidad de perderla) es mayor que el de la situación no cooperativa.

Con externalidades técnicas fuertes[132], los gastos en I+D de una empresa incrementarán sus posibilidades de ganar en una cuantía muy parecida (aunque superior) a la que incrementan las de las demás empresas de la industria. En estas circunstancias, las empresas tienen un poderoso incentivo para comportarse como "usuario gratuito", por lo que los gastos en I+D serán reducidos. Por ello, la cooperación tiende a incrementar los gastos en I+D del conjunto de la industria[133]. En caso de externalidades débiles, ocurre justo al contrario.

En el caso de que existan externalidades estratégicas fuertes, un mayor esfuerzo en I+D de una de las empresas incrementa sus posibilidades y

---

[131] Estas externalidades surgen por ejemplo cuando el progreso técnico en el sector en cuestión tiene carácter acumulativo o cuando la experiencia acumulada en I+D determina las posibilidades de mejoras técnicas futuras.

[132] La intensidad de las externalidades técnicas, además de las relaciones técnicas entre las empresas, va a depender en gran medida de la forma y nivel de protección de los Derechos de Propiedad Industrial. Si dichos derechos son débiles, las externalidades serán fuertes, mientras que si los derechos son fuertes las externalidades serán débiles, y en tal caso la cooperación tenderá a reducir los gastos en I+D.

[133] Esta conclusión es equivalente a la de D'ASPREMONT Y JACQUEMIN (1988) y también coincide con la de KATZ (1986).

Universidad de Huelva 2009

reduce las posibilidades de ganar de las rivales. Se vuelve así más costosa para los competidores la participación en la carrera por la innovación en la que están inmersos. La conclusión de los autores es que la cooperación en I+D tiende a reducir los gastos en investigación si los bienes son sustitutivos[134].

3.3. MODELOS DE DIFUSIÓN TECNOLÓGICA.

Aunque relativamente recientes en la literatura sobre los procesos de difusión de las nuevas tecnologías nos encontramos tanto aproximaciones empíricas como desarrollos teóricos. Las primeras, constituyen una amplia y elaborada taxonomía de los factores causales, presumiblemente implicados en el proceso de difusión. Los segundos, presentan sofisticados modelos matemáticos sobre la dinámica de los procesos de difusión, que sirven como ejercicio en el análisis de la evolución de tecnologías "abstractas", con una aparente falta de atención hacia las tecnologías básicas, objeto habitual de los trabajos empíricos[135].

El aparentemente razonable objetivo de integrar ambos enfoques en uno general tropieza con diversas dificultades metodológicas, entre las que merece ser destacada la falta de aceptación generalizada de una definición apropiada y de una correcta medida de la difusión de las nuevas

[134] Se evitan así las duplicidades en los gastos en I+D, que en ausencia de acuerdo se producen como consecuencia de la búsqueda de cada empresa de las externalidades estratégicas.

SHAPIRO (1985) y KATZ y SHAPIRO (1986) también concluyen que la cooperación reduce los incentivos para desarrollar innovaciones y dificultan la difusión de las que se produzcan fuera de las empresas cooperantes en caso de que se produzcan.

[135] GOTTINGER (1986), pp. 440–441.

Universidad de Huelva 2009

tecnologías. Una posible definición se deriva de considerar la proporción de empresas o de plantas (sobre el conjunto de la industria) que utilizan el nuevo proceso o que producen el nuevo bien; otra alternativa la constituye el número de máquinas o de equipos instalados que utilizan el nuevo método; también puede medirse a partir de la proporción de inputs procedentes de determinados sectores, tecnológicamente más avanzados. La elección de una u otra medida dependerá no sólo de las cuestiones a considerar en el análisis, sino también (y en numerosas ocasiones de forma determinante) de la disponibilidad de datos.

En cualquier caso y sea cual sea el mecanismo empleado por las diferentes empresas para adoptar[136] una innovación, todo modelo que pretenda explicar la difusión tecnológica deberá proporcionar respuestas a las siguientes cinco cuestiones[137]:

1. ¿Por qué unas empresas, sectores o familias adoptan la innovación antes y otros lo hacen más tarde?

2. ¿Qué determina el nivel de uso o el volumen de stock de la nueva tecnología asociado a la situación de difusión completa?

[136] Difusión y adopción son dos términos muy próximos pero distintos. La adopción hace referencia al desfase entre la aparición de la tecnología y su incorporación por una empresa concreta y explica las causas por las que ha tenido lugar en ese momento preciso y no antes o después. La difusión hace referencia al comportamiento agregado de todas las empresas que forman la muestra, sector o economía objeto de estudio, sin necesidad de explicitar un modelo microeconómico sobre el proceso de decisión de cada empresa individual. LISSONI y METCALFE (1994), p. 109.

[137] STONEMAN (1983), pp. 68–69. Véase también BAPTISTA (1999).

Universidad de Huelva 2009

3. ¿Cuál es la secuencia temporal que sigue el nivel de uso de la nueva tecnología por una empresa, familia, industria o por el conjunto de la economía?

4. ¿Por qué se sigue precisamente esa secuencia y no otra?

5. ¿Qué características de la empresa, la familia, la industria o la tecnología son los factores claves que influyen en la secuencia temporal de adopción?

El primer aspecto fundamental al que todo modelo de difusión de la tecnología debe responder lo constituyen las diferentes preferencias temporales en cuanto a la fecha de adopción que tienen los adoptantes potenciales de una innovación. Como veremos más adelante, los modelos epidemiológicos consideran que estas diferencias se deben exclusivamente al diferente grado y ritmo de acceso a la información. Sin embargo, desarrollos posteriores hacen hincapié en otras diferencias para explicar por qué en cualquier momento del tiempo sólo algunos de los adoptantes potenciales están en disposición de utilizar efectivamente la innovación tecnológica[138]. Son los que conocemos como modelos de efectos.

Los tres modelos de efectos que vamos a describir a continuación centran la base de las diferencias temporales de adopción de las tecnologías, respectivamente, en las características propias de cada

[138] COHEN y LEVINTHAL (1989) encontraron que la difusión exitosa de la tecnología puede verse limitada a los innovadores que posean un sistema y servicios de comunicación y a los adoptantes que posean cierta capacidad de absorción.

Sin embargo, BAPTISTA y SWANN (1998) consideran que la capacidad de absorción depende de la extensión en que las experiencias puedan intercambiarse y, por ello, de la proximidad geográfica.

Universidad de Huelva 2009

empresa, en el número de adoptantes o en la escala ordinal en el proceso de adopción. No obstante, todos ellos tienen en común la consideración de las expectativas de rentabilidad asociadas a la nueva tecnología como factor determinante en la decisión empresarial de adoptar o no una innovación. Así, en un momento dado del tiempo, sólo aquellas empresas que consideren que dicha rentabilidad supera los costes de introducción de la innovación se decidirán a adoptarla, mientras que las demás pospondrán la adopción. Un segundo supuesto común en todos estos modelos es que el coste de adquisición de la tecnología disminuye con el tiempo, lo que permite que progresivamente se vayan produciendo nuevas adopciones. Las diferencias entre unos modelos y otros están en las causas que hacen que la rentabilidad sea diferente entre unas empresas y otras.

Por otro lado, desde los primeros desarrollos teóricos y empíricos para aproximarse a la difusión de las nuevas tecnologías, existe una tendencia a considerar la difusión tecnológica como el proceso (secuencia temporal) mediante el cual el stock acumulado en el sistema económico de la nueva tecnología tiende en el tiempo, o no, al nivel de stock que existiría cuando el proceso de difusión estuviese completamente terminado[139]. Si se trata de una innovación de producto, veremos cómo el volumen acumulado de unidades de dicho producto que poseen las familias evoluciona en el tiempo en comparación con el que sería nivel máximo de consumo por todos los consumidores potenciales. En el caso de un nuevo proceso, veremos cómo se desarrolla el volumen de producción obtenido mediante la utilización de la nueva tecnología por parte de las empresas (del sector o

[139] Este es el criterio inicialmente adoptado por los trabajos pioneros de GRILICHES y de MANSFIELD a mediados del siglo pasado y que se ha mantenido en el tiempo.

Universidad de Huelva 2009

del conjunto de la economía, según se trate de una innovación específica o genérica) en comparación con el volumen máximo de producción obtenido a través de dicha tecnología una vez concluido por completo el proceso de difusión a todas las empresas que potencialmente estarían en condiciones de usarla.

Aunque la definición del stock acumulado en un momento del tiempo pueda causar ciertas dificultades, el principal problema surge en cuanto a la definición exacta del stock asimilable a la situación de difusión completa, en especial en cuanto se refiere a la difusión de innovaciones de producto, por su dependencia de un elemento tan subjetivo como son las preferencias de los consumidores. Siguiendo a Stoneman, podemos plantear dos posibles modelos para determinar el valor máximo potencial asociado a una difusión completa de la nueva tecnología[140].

En primer lugar, el modelo del equilibrio, derivado de las condiciones habituales de equilibrio microeconómico del consumidor que maximiza su utilidad, como resultado de una solución de tangencia entre su mapa de curvas de indiferencia y la recta de presupuesto (línea isogasto) a la que se enfrenta. A partir de la solución al problema individual de maximización de la utilidad de cada consumidor potencial, obtenemos la cantidad que desea del nuevo producto. La suma de los puntos de equilibrio de todos los consumidores potenciales constituye el nivel máximo de difusión tecnológica[141].

---

[140] STONEMAN (1983), pp. 65–67, donde se presenta una breve formalización de los dos modelos que presentamos a continuación, así como la extensión de ambos.

[141] Por supuesto, puede llegarse a conclusiones semejantes en el caso de una innovación de

Universidad de Huelva 2009

En segundo término, el modelo de saturación, en el que el nivel individual de difusión del nuevo producto no se fija en el equilibrio del consumidor, sino en la cantidad de saturación del consumo del nuevo producto para cada consumidor potencial. De nuevo, la suma del volumen de saturación individual de todos los consumidores potenciales determina el nivel máximo de difusión tecnológica[142].

Puesto que estos modelos entrañan la considerable dificultad de no poder conocer las curvas de indiferencia individuales, es posible establecer un modelo alternativo para ambos casos, consistente en estudiar la proporción de individuos que consumen el nuevo bien en vez de prestar atención al nivel de consumo individual. En el caso del modelo del equilibrio, la mejor aproximación sería determinar el porcentaje de los consumidores potenciales que efectivamente consumen el nuevo producto en cada momento del tiempo. Mientras que en el modelo de saturación se mide el porcentaje del total de consumidores que efectivamente consumen el nuevo producto o nueva tecnología[143].

Por otro lado, al analizar la difusión de una innovación de proceso, podemos adoptar tres niveles distintos de agregación[144], según consideremos la difusión de la nueva tecnología dentro de una misma

---

proceso, que se difunde entre las empresas. Para ello bastaría con sustituir curvas de indiferencia por isocuantas y líneas isogasto por isocoste.

[142] En este caso, la difusión entre empresas de una innovación de producto encontraría su nivel de saturación cuando las empresas la hubiesen utilizado al máximo de su capacidad productiva.

[143] En el caso de una innovación de proceso, deberíamos atender bien a los niveles de uso del nuevo proceso entre sus usuarios potenciales, bien al volumen de producción obtenido con dicho proceso respecto al volumen total de producción.

[144] STONEMAN (1983), p. 67.

Universidad de Huelva 2009

empresa (difusión intraempresarial)[145], entre empresas dentro de un mismo sector (difusión intrasectorial) o entre todas las empresas del sistema económico, aunque pertenezcan a diferentes sectores productivos (difusión intersectorial o en el conjunto de la economía), siendo por tanto diferente para cada caso el valor asociado a la difusión completa.

En el caso de la difusión intraempresarial, se trata de ver como la proporción del output total de la empresa, obtenido con la nueva tecnología, se aproxima a la proporción producida con la nueva tecnología una vez concluido el proceso de difusión de dicha tecnología dentro de la empresa. Si sumamos las respectivas proporciones de todas las empresas que componen una industria, tanto para el período corriente como en el caso de una difusión completa, y vemos cómo la proporción de la producción sectorial obtenida con la nueva tecnología en el año corriente se aproxima a la que sería la proporción existente una vez completamente concluido el proceso de difusión en todas las empresas que componen el sector, estaremos estudiando la difusión intersectorial de la nueva tecnología. Mediante un proceso semejante para el conjunto de sectores, podremos estudiar la difusión de la nueva tecnología al conjunto de la economía. No obstante, la falta de homogeneidad en los productos de los diferentes sectores puede desaconsejar dicha agregación[146].

[145] Como señalan LISSONI y METCALFE (1994) éste es el enfoque que choca frontalmente con los supuestos tradicionales de la Teoría Económica, que considera la adopción de tecnología como una decisión puntual (se toma en un solo instante del tiempo) que lleva a las empresas a sustituir todo su equipo productivo y su organización en un lapso de tiempo tan reducido que puede considerarse inmediato. Es decir, se ignora el gradualismo en la adopción interna.

[146] Este es el criterio utilizado por DAVIES (1979).

Universidad de Huelva 2009

Un método alternativo para estudiar la difusión tecnológica en el caso de una innovación de proceso consiste en recurrir a la aproximación que supone la evolución de la proporción de empresas adoptantes sobre las empresas potencialmente adoptantes en un sector o en el conjunto de la economía, según el nivel de agregación que estemos considerando. Para ello basta con definir el número de empresas (en un sector o en el conjunto de la economía, según el caso) que obtienen al menos un determinado volumen de su producción total utilizando la nueva tecnología y estudiar como ese número se aproxima al de todas las empresas potencialmente adoptantes, del sector o de la economía dependiendo del nivel de agregación que estemos adoptando[147].

El que acabamos de describir es un método que se enmarca dentro de los que hemos llamado de equilibrio, pues compara la proporción del output total producida con la nueva tecnología en el año corriente con la que se produciría en el equilibrio (dados los precios de los factores, el volumen total de producción y las diferentes tecnologías disponibles), una vez que el proceso de difusión se hubiese completado, o bien cómo el número de adoptantes efectivos se aproxima en el tiempo al número de adoptantes potenciales. Si, por el contrario, adoptásemos un modelo de saturación, consideraríamos que una vez concluido el proceso de difusión toda la producción se obtendría con la nueva tecnología (o lo que es lo mismo, todas las empresas adoptan la nueva tecnología), por lo que trataríamos de analizar como la proporción obtenida con la nueva tecnología se aproxima a uno, o cómo se va incrementando el número de empresas adoptantes hasta alcanzar a la totalidad de ellas.

[147] Este es el criterio utilizado por MANSFIELD (1961) y en sus trabajos posteriores.

Universidad de Huelva 2009

En cuanto a la forma de la trayectoria temporal de difusión, los diferentes modelos suponen que el uso de la nueva tecnología es una variable que se distribuye entre la población de adoptantes con forma de campana, por lo que la función de densidad acumulada a lo largo del tiempo tendrá forma de S. Esto significa que existen dos ritmos de difusión, separados por un punto de inflexión, uno inicial en el que la proporción de adoptantes crece a tasas mayores a medida que transcurre el tiempo, mientras que a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento disminuye con el tiempo, precisamente porque cada vez quedan menos empresas por adoptar la innovación. Estos dos ritmos han llevado a hablar de dos etapas en la difusión de las innovaciones, una primera de legitimación, en la que las tasas de adopción son inicialmente reducidas a causa del riesgo asociado a la nueva tecnología pero van creciendo a medida que transcurre el tiempo, y una segunda de competencia, en la que inicialmente las empresas que innovaron de forma temprana tienen una ventaja en el mercado y obtienen beneficios extraordinarios, lo que anima a las demás a imitarlas, incrementa la competencia y erosiona esos beneficios extraordinarios derivados de la adopción temprana, lo cual acaba por ralentizar de nuevo el ritmo de adopción[148].

Por otro lado, estos dos ritmos de difusión también dan lugar a una división del proceso de difusión en tres fases, desde la óptica de los modelos epidemiológicos. Una primera, en la que sólo unas cuantas empresas adoptan la innovación de forma temprana y el ritmo de difusión es muy lento porque aunque son muchos los potenciales adoptantes es muy poco probable que entren en contacto con un adoptante efectivo (escasos en

[148] GEROSKI (1999), pp. 4–5.

Universidad de Huelva 2009

esta primera etapa), por lo que difícilmente tendrán la información necesaria para adoptar la nueva tecnología. Una tercera fase en la que la situación se invierte y aunque son muchos los posibles transmisores de la nueva tecnología es muy poco probable que entren en contacto con uno de los escasos no adoptantes, por lo que el ritmo de difusión también será lento. Entre ambas, una fase de rápida difusión, en la que el número de transmisores es razonablemente elevado y fácilmente entran en contacto con los numerosos adoptantes potenciales. Es en esta etapa intermedia en la que se encuentra el punto de inflexión de la trayectoria temporal de difusión en forma de S, antes mencionado.

Además existe un límite n^* al nivel de difusión o proporción de adoptantes, una vez concluido el proceso difusor, que constituye un límite asintótico a la curva de densidad acumulada en forma de S. Las diferencias entre los diferentes modelos se encuentran en el valor de n^* (uno en los modelos de saturación e inferior a la unidad en los modelos de equilibrio) y en la forma de la curva en S, es decir, en el nivel de difusión al que se sitúa el punto de inflexión.

3.3.1. Modelos Epidemiológicos o modelos logit

Este tipo de modelos constituyen el primer intento de análisis formal de los procesos de difusión de las nuevas tecnologías y reciben el nombre por la analogía que presentan con la explicación médica de los procesos de difusión de las epidemias[149]. Inicialmente consideraban que los adoptantes

[149] GOTTINGER (1986), p. 443, en un claro símil con la biología, habla de la difusión de una "mutación ventajosa" de la tecnología existente, expresión que atribuye a L. L. CAVALLI-SFORZA y N. W. FELDMAN en 1981.

Universidad de Huelva 2009

potenciales incorporaban la nueva tecnología inmediatamente una vez tenían conocimiento de ella y, aunque posteriormente este enfoque se ha ido depurando, el núcleo se ha mantenido constante: el aspecto fundamental en el proceso de difusión lo constituyen el conocimiento y la divulgación de la información. En este enfoque, las diferencias temporales en la adopción entre unas empresas y otras se deben a diferencias en el acceso a la información relevante sobre las innovaciones o al conocimiento de la innovación misma. Este enfoque ha sido muy utilizado para estudios empíricos[150].

Pero quizá la cuestión más llamativa sea la explicación de por qué una tecnología que es superior a otra (permite reducir costes unitarios de producción o mejorar la calidad del producto) no es adoptada de inmediato de forma generalizada, sino que se va introduciendo gradualmente en el sistema productivo. La explicación dada para este hecho guarda extraordinaria similitud con la explicación dada para la difusión de una enfermedad epidémica, siempre que asimilemos la adopción al contagio de una enfermedad infecciosa y la población de adoptantes potenciales a la población no inmune a la enfermedad. Así, de forma semejante a cómo la evolución de los contagios depende de la frecuencia de los contactos entre los individuos y de las proporciones de individuos ya contagiados y aquellos que, siendo susceptibles de serlo, aún no lo están, en el caso de una nueva tecnología, el ritmo de adopción dependerá de las relaciones o

[150] El especial valedor de la versión depurada del enfoque epidémico es Mansfield, quien también lo ha utilizado en repetidas ocasiones, junto con su discípulo Romeo para realizar estudios empíricos.

Universidad de Huelva 2009

intercambios entre los individuos y de las proporciones de adoptantes y de aquellos que todavía no han innovado[151].

Aunque existen ciertas limitaciones a este tipo de análisis, especialmente en cuanto capacidad explicativa general[152], existe un argumento lógico que apoya este tipo de difusión en la medida en que consideremos que quienes todavía no han adoptado la nueva tecnología saben de la existencia de dicha innovación y adquieren la información y los conocimientos necesarios para adoptarla mediante el aprendizaje que suponen sus contactos e intercambios con otros individuos que sí la han adoptado. Podemos afirmar por tanto que es la información sobre la nueva tecnología lo que realmente se difunde siguiendo estos modelos y gracias a ello los usuarios potenciales llegan a adoptar efectivamente la tecnología.

El origen de este tipo de modelos en el análisis económico lo encontramos en el trabajo pionero de Mansfield en 1961, en el que

---

[151] En realidad, los primeros estudios sobre difusión de innovaciones fueron realizados por sociólogos, geógrafos, antropólogos y psicólogos. Las innovaciones estudiadas en estos campos eran fundamentalmente agrícolas, médicas y mejoras educativas, por lo que es natural asumir que este tipo de innovaciones eran claramente superiores a las alternativas existentes. En estas innovaciones, el acceso a la información es el elemento que motiva la fecha de adopción. Los primeros estudios de difusión de la tecnología utilizaron este tipo de modelos. En ellos, la probabilidad de adoptar la innovación (difusión) depende del número de contactos con adoptantes previos, de forma análoga a como la probabilidad de ser contagiada una enfermedad depende del número de contactos con individuos ya contagiados. El canal de "contagio" de las innovaciones tecnológicas es pues el canal de información. Cuantos más "contagiados" haya en una población (es decir, en un sector productivo, por ejemplo) más rápidamente se difundirá la innovación tecnológica. LESSONI y METCALFE (1994), p. 109.

Véase también ROGERS (1993) para un estudio de los enfoques de las ciencias sociales distintas de la economía.

[152] DAVIES (1979), pp. 10–11, considera que los modelos epidemiológicos son válidos para los artículos de moda o para cotilleos, pero mantiene serias dudas sobre su validez generalizada. En esta misma línea, GEROSKI (1999), p. 13, considera que son más adecuados para la difusión de flujos de información (citas de patentes, existencia de *spillovers* tecnológicos) que para la difusión de artefactos o bienes de capital.

Universidad de Huelva 2009

analizaba el proceso de imitación de diversas innovaciones introducidas en las industrias química, farmacéutica, electrónica y de maquinaria en Norteamérica, el cual hunde sus raíces en el estudio previo que Griliches (1957) hizo sobre la siembra de semillas híbridas de maíz en las granjas norteamericanas, si bien el calificativo de "epidemiológico" es posterior, y se debe al mecanismo de aprendizaje sobre la nueva tecnología, que es un "aprendizaje por infección", es decir, por contacto con aquellas empresas que ya han adoptado la innovación[153]. Además, recibe también el calificativo de "psicológico"[154] debido a que, como veremos más adelante, la intensidad de la respuesta (velocidad de difusión) depende del tamaño e intensidad del estímulo (la proporción de empresas que ya han adoptado la innovación). Estos modelos consideran que el ritmo de difusión de la innovación sigue una curva en forma de S a lo largo del tiempo, más concretamente la resultante de una curva logística. En nuestra exposición seguiremos el modelo de Mansfield, desarrollado inicialmente en 1961 y mejorado en 1968[155].

Siendo $m_{ij}(t)$ el número total de empresas del sector i que han adoptado la innovación j y n_{ij} el número total de empresas (todas ellas

[153] El calificativo de "epidemiológico" no se debe a ninguno de estos dos autores, sino al trabajo posterior de DAVIES (1979), quien critica el modelo de Mansfield no sólo por considerar que la información se transmite de forma epidémica sino también por no explicitar tal punto.

[154] STONEMAN (1980).

[155] Este modelo fue usado posteriormente por ROMEO (1975 y 1977) en lo que constituyen actualizaciones del modelo original de Mansfield. La principal variación es la de considerar una relación multiplicativa entre los factores que determinan la velocidad de difusión. No obstante, simplemente con tomar logaritmos neperianos volvemos a una relación lineal.

Universidad de Huelva 2009

idénticas) que componen la industria y son potencialmente adoptantes[156], la tasa de imitación, $\lambda_{ij}(t)$, puede escribirse como refleja la siguiente ecuación:

$$\lambda_{ij}(t) = \frac{m_{ij}(t+1) - m_{ij}(t)}{n_{ij} - m_{ij}(t)}$$

Es decir, $\lambda_{ij}(t)$ representa la proporción de nuevos adoptantes en el lapso de tiempo que va desde t hasta $t-1$ sobre aquellas empresas que todavía no la habían adoptado en el momento t, o tasa de adopción. Dicha proporción depende de diferentes factores, que según Mansfield[157] son la rentabilidad asociada al uso de la nueva tecnología, (Π_{ij}) el riesgo asociado a la inversión (que a su vez depende de la proporción de empresas que en el momento t ya han introducido la innovación, $m_{ij(t)}$ n_{ij}, y del tiempo transcurrido desde el primer uso de la tecnología hasta que la empresa la adopta, L_{ij}), el volumen de inversión necesario para innovar (I_{ij}), el tamaño de la empresa (S_{ij}), la liquidez de que ésta disponga (C_{ij}), y otras variables que deja sin especificar. Esto nos permite escribir, guardando el orden en que acabamos de describir las diferentes variables, la siguiente ecuación:

---

[156] Estamos por tanto ante un modelo de saturación.

[157] En la versión inicial de 1961, en la que estudiaba la difusión entre empresas, sólo definía tres factores, la rentabilidad, el nivel de adopción y el volumen de inversión necesario para adoptar. La redefinición es de la versión más elaborada de 1968, al estudiar la difusión dentro de una empresa, dejando en este caso fuera de los factores determinantes el volumen de inversión requerido. Hemos optado por una definición más amplia porque, como veremos más adelante, la contrastación empírica permite eliminar aquellos factores que se muestran como no significativos y detectar la necesidad de incluir otros factores que si mejoran la capacidad explicativa del modelo.

Universidad de Huelva 2009

$$\lambda_{ij}(t) = \frac{m_{ij}(t+1) - m_{ij}(t)}{n_{ij} - m_{ij}(t)} = \mathrm{f_i}\left(\Pi_{ij}, \frac{m_{ij}(t)}{n_{ij}}, L_{ij}, I_{ij}, S_{ij}, C_{ij}, \ldots\right)$$

Si consideramos intervalos de tiempo lo suficientemente pequeños, podemos escribir la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{\mathrm{d}\, m_{ij}(t)}{\mathrm{d}\, t} = m_{ij}(t+1) - m_{ij}(t) = \mathrm{f_i}(\bullet)\cdot\left[n_{ij} - m_{ij}(t)\right]$$

Para simplificar (y puesto que estamos considerando intervalos de tiempo suficientemente pequeños), Mansfield supone que tanto la rentabilidad como el tamaño y la liquidez de la empresa permanecen constantes a lo largo del tiempo, por lo que podemos escribir la ecuación de la tasa de adopción como una sencilla relación proporcional del nivel de adopción en el momento t, como sigue:

$$\lambda_{ij}(t) = \beta_{ij}\left(\frac{m_{ij}(t)}{n_{ij}}\right)$$

El parámetro β_{ij} es llamado velocidad de difusión y su valor, para el innovador i en la industria j viene dado por la siguiente expresión, en la que los signos de los distintos coeficientes son positivos para la rentabilidad, la liquidez y el tiempo transcurrido desde el primer uso de la innovación (reduce el riesgo asociado a la utilización de la nueva tecnología), negativo para el volumen de inversión requerido, y es incierto para el tamaño de la empresa[158]:

[158] En las estimaciones de MANSFIELD (1961 y 1968) y ROMEO (1975 y 1977) se obtienen los signos esperados para los coeficientes de los parámetros antes mencionados, al tiempo que

Universidad de Huelva 2009

$$\beta_{ij} = a_0 + a_1 \Pi_{ij} + a_2 L_{ij} + a_3 I_{ij} + a_4 S_{ij} + a_5 C_{ij} + \varepsilon_{ij},$$

Todo lo anterior se corresponde con un desarrollo en serie de Taylor, en el que se omiten los términos de tercer orden y superiores y se considera que el coeficiente de la tasa de adopción en el momento t es cero, y el último de los términos es una variable aleatoria que comprende el término error. Si asumimos además que al remontarnos en el tiempo la tasa de adopción tiende a cero, podemos reescribir la ecuación diferencial anterior como sigue:

$$\frac{\mathrm{d}\, m_{ij}(t)}{\mathrm{d}\, t} = \beta_{ij} \cdot m_{ij}(t) \cdot \left[1 - \frac{m_{ij}(t)}{n_{ij}} \right]$$

De esta forma, cuanto acabamos de desarrollar no es sino la ecuación diferencial resultante de la ecuación de una función logística[159] con la forma:

$$m_{ij}(t) = \frac{n_{ij}}{1 + e^{-(\alpha_{ij} + \beta_{ij} t)}}$$

En estas condiciones y bajo las hipótesis señaladas, puede aceptarse que la proporción de nuevos adoptantes (imitadores) y por tanto la tasa de adopción (imitación) en un momento dado del tiempo sólo depende del parámetro β_{ij} (y por ende de cuantos factores determinen o influyan en dicho parámetro), llamado velocidad de difusión. Todo esto nos permite representar la trayectoria temporal de difusión de la innovación según una

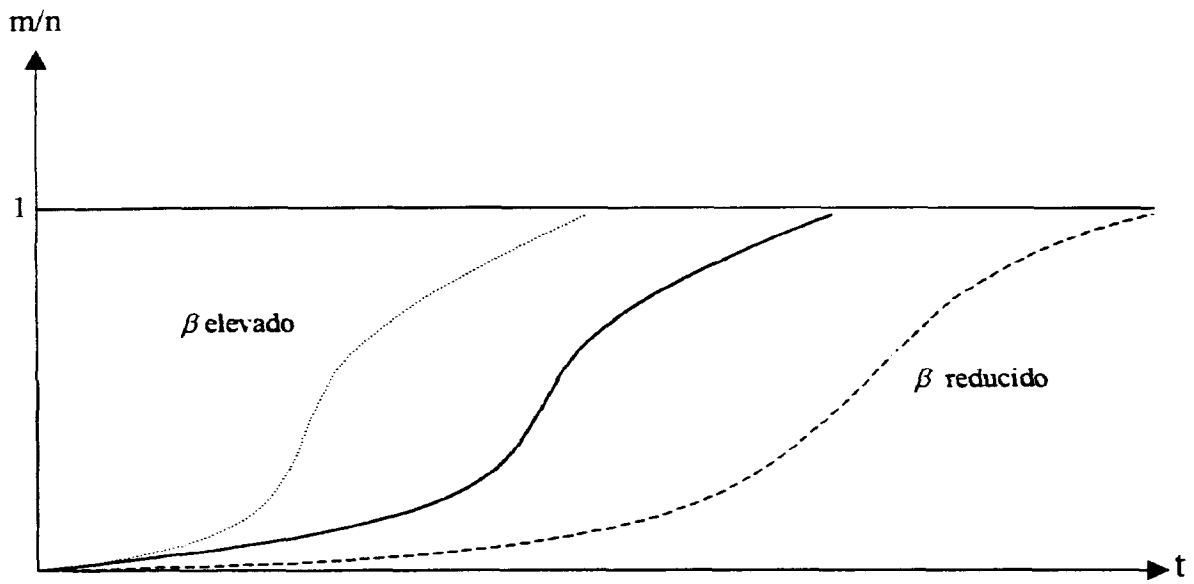
se revelan como no significativos factores adicionales como por ejemplo la rentabilidad media de la empresa.

[159] De hecho este modelo también se conoce como modelo Logit.

Universidad de Huelva 2009

curva en forma de S, de las que presentamos tres ejemplos en la Figura 3.5. En cada una de ellas el parámetro β toma distintos valores según sea mayor o menor la velocidad de difusión[160].

FIGURA 3.5. DIFUSIÓN DE LAS INNOVACIONES EN EL MODELO EPIDEMIOLÓGICO



Aprovechando las propiedades de la función logística, Mansfield estima los parámetros del modelo en dos etapas. En primer lugar, estima los valores de la velocidad de difusión según la siguiente regresión:

$$\ln\left(\frac{m_{ij}(t)}{n_{ij} - m_{ij}(t)}\right) = \alpha_{ij} + \beta_{ij} \cdot t$$

Una vez estimados los $\hat{\beta}_{ij}$ los regresa utilizando MCO sobre los factores determinantes anteriormente descritos y calcula la magnitud y el

[160] Más adelante planteamos otras curvas alternativas en forma de S, como la del modelo Probit.

Universidad de Huelva 2009

signo de los coeficientes que acompañan a dichos factores, al tiempo que puede determinar cuáles de esos factores tienen una influencia significativa sobre la velocidad de difusión y si es necesario excluir alguno de ellos o añadir otros nuevos.

Por otro lado, podrían introducirse variables adicionales que permitiesen considerar diferencias en la capacidad y el rendimiento de las diferentes empresas, como por ejemplo la rentabilidad media de las empresas, las tasas de crecimiento del volumen de ventas o las características de los gerentes. Sin embargo, de los trabajos de Mansfield se desprende que no sólo no mejoran la variación explicada por el modelo más simple, sino que estudios posteriores[161] sugieren que el tamaño de la empresa es el principal factor explicativo del retardo.

De forma resumida, las conclusiones del modelo de Mansfield son las siguientes. En primer lugar, la difusión sigue una curva logística. Por otro lado, las tecnologías cuyos beneficios esperados sean mayores y que requieran menores volúmenes absolutos de inversión se difundirán más rápidamente. Además, en las industrias en las que se obtiene mayor rentabilidad cualquier innovación se difunde más rápidamente que en industrias de baja rentabilidad. Finalmente, la durabilidad del stock de capital de una industria, su tasa de crecimiento de las ventas y su situación en el ciclo de los negocios, pueden influir en la velocidad de difusión.

Estas conclusiones se ven complementadas con las que se extraen de los trabajos de Romeo[162], quien concluyó que la velocidad de difusión se

[161] MANSFIELD (1961 y 1968), y ROMEO (1975 y 1977) entre otros.

[162] Ya señaladas en sus trabajos de 1975 y 1977.

Universidad de Huelva 2009

encontraba fundamentalmente explicada por dos características de la industria, el número de empresas que la componían y el grado de heterogeneidad de dichas empresas. Así, encontró que la velocidad aumentaba con el número de empresas existentes en una industria y se veía negativamente afectado por la heterogeneidad de dichas empresas, medida por el logaritmo de la varianza del tamaño de las empresas. Estas conclusiones nos permiten afirmar que cuanto más se aproxima una industria a la estructura competitiva (gran número de empresas relativamente homogéneas) más rápidamente se difunden en ella las innovaciones. El índice de concentración de Herfindahl nos permite determinar nuestra afirmación de forma más precisa. Recordemos que la forma del mencionado índice es:

$$H = \frac{e^{\sigma_x^2}}{N}$$

Siendo N el número de empresas de la industria y σ_x^2 la varianza de su tamaño, podemos fácilmente comprobar que aquellos factores que según Romeo hacen que la difusión sea más rápida, también hacen que disminuya el valor del índice de concentración, es decir, hacen que la industria sea más competitiva.

Aunque es necesario reconocer que Mansfield es el primero en contrastar empíricamente a partir de los datos disponibles la validez de su modelo, lo que parece superar exitosamente, han sido varios los autores que lo han criticado, entre los que destacamos Davies (1979), a cuya crítica a la validez general del modelo epidemiológico ya hemos aludido, y Stoneman (1983), quien centra sus críticas en el mecanismo (epidémico) de

Universidad de Huelva 2009

aprendizaje sobre la nueva tecnología, además de coincidir con Davies en cuanto a la deficiente justificación en el modelo de Mansfield de la constancia de los rendimientos asociados a la nueva tecnología y de otros parámetros y en cuanto a la no explicitación de por qué el riesgo disminuye con el uso, es decir, se trata de un riesgo asociado a la incertidumbre sobre la nueva tecnología.

El desarrollo de Mansfield fue posteriormente modificado[163] de forma que la variable explicada ya no era la proporción de empresas que imitan sobre los potenciales imitadores, sino el retardo observado (medido en años) desde que una empresa pone en el mercado una innovación hasta que otra la imita. Este desfase está inversamente relacionado con el tamaño del imitador (S_{ij}) y con la rentabilidad por él asociada a la innovación j (Π_{ij}), de modo que puede expresarse según la expresión:

$$t_{ij} = Q_i \cdot \Pi_{ij}^{\alpha} \cdot S_{ij}^{\beta} \cdot e^{\varepsilon_{ij}}$$

La ecuación que acabamos de presentar es una función bipotencial, en la que α y β son respectivamente las elasticidades del tiempo de retardo respecto a la rentabilidad y el tamaño de la empresa, ambas negativas, mientras que Q es un factor de escala que difiere de unas innovaciones a otras.

Esta forma está muy cerca del modelo probit[164] que desarrollaremos a continuación y su estimación por MCO sería relativamente sencilla al

[163] MANSFIELD (1968).

[164] STONEMAN (1983), p. 96.

Universidad de Huelva 2009

poder transformarse en un modelo lineal con sólo tomar logaritmos neperianos.

Una revisión reciente del modelo logit[165] plantea una interesante alternativa que pretende solucionar una de las limitaciones implícitas en este tipo de modelos. Puesto que los modelos logit explican cómo la información sobre la nueva tecnología se va difundiendo de unos cuantos innovadores hacia otras empresas (adoptantes tempranos) y, finalmente, de todas ellas hacia el conjunto de la población, queda sin explicar cómo se difunde la tecnología entre los innovadores. En este caso, la difusión no seguirá una curva en forma de S (típica de la posterior difusión "de boca a boca"), sino que seguirá más bien una curva exponencial modificada, que parte de cero y cuyo límite es el conjunto de empresas que podemos considerar innovadoras. Estas empresas reciben la información sobre la nueva tecnología de una fuente central, que por lo general es la empresa que pretende comercializarla, o la primera que la ha desarrollado y adoptado.

Es decir, en el proceso de difusión hay dos subprocesos[166]. Uno inicial entre las empresas innovadoras, cuya trayectoria temporal se puede representar mediante una curva exponencial modificada. Otro posterior, realizado por estas empresas entre las demás adoptantes potenciales, cuya trayectoria temporal se puede representar por una curva en forma de S, en

[165] ROGERS (1995) y GEROSKI (1999).

[166] En realidad, la principal novedad del modelo de GEROSKI (1999) consiste en combinar ambos subprocesos en un modelo mixto e introducirlos en la literatura económica, dominada por los modelos logit sencillos o su alternativa probit. Sin embargo, LEKVALL y WAHLBIN (1973) ya se referían a ellos de forma independiente como modelos de difusión de influencia externa e interna, respectivamente.

Universidad de Huelva 2009

este caso una curva logística. La expresión matemática de esta distinción es un tanto compleja y viene representada por[167]:

$$m_{ij}(t) = n_{ij} \frac{1 - e^{(\alpha_{\sigma})t}}{1 + \psi e^{-(\beta_{ij}{}_{\sigma})t}}$$

En esta ecuación, el numerador representa los efectos difusores de la fuente común de información, que alcanza nuevos usuarios a una tasa constante en el tiempo. El denominador refleja los efectos de la difusión "boca a boca" de la información, cuya tasa de difusión varía en el tiempo en función del número de adoptantes y de usuarios potenciales. El parámetro α es el porcentaje de usuarios potenciales alcanzados en cada período por la fuente central de información, β es la probabilidad de que uno de los usuarios iniciales (innovadores) contacte en cada período con alguno de los potenciales adoptantes que todavía no han incorporado la nueva tecnología, $\psi = {\left[n_{ij} - m_{ij}(0)\right]}_{m_{ij}(0)}$ es la proporción de no adoptantes sobre los adoptantes (innovadores) en el momento inicial de la difusión "boca a boca", y $\sigma = {}^{\alpha}_{\alpha+\beta n_{ij}}$ mide la fuerza o intensidad relativa de la fuente común de información[168]. Cuanto más pequeño sea σ más próxima estará la trayectoria de difusión a la representada por la curva logística, aunque con un adelanto temporal del punto de inflexión; a medida que σ crezca, el punto de inflexión se irá acercando hacia el momento inicial y la

[167] GEROSKI (1999), pp. 12.

[168] Si $\beta = 0 \Rightarrow \sigma = 1$, la transmisión de información se limita a la realizada por la fuente común y la trayectoria de difusión se representa mediante una curva exponencial modificada. Por otro lado, si $\alpha = 0 \Rightarrow \sigma = 0$ y la difusión quedaría abortada al no alcanzarse el nivel crítico de adoptantes iniciales (innovadores), necesario para la posterior difusión "de boca a boca".

Universidad de Huelva 2009

trayectoria se aproximará a la curva exponencial modificada. No obstante, como reconoce el propio Geroski, la complejidad matemática de este modelo lo hace poco atractivo. De hecho, en la literatura económica tiende a utilizarse el modelo epidemiológico inicialmente desarrollado por Mansfield, mientras que este que acabamos de describir es más frecuentemente utilizado en los estudios de márketing[169].

Estos modelos nos confirman que se requiere un período de tiempo relativamente amplio para que la información sobre la nueva tecnología llegue a todos los usuarios potenciales[170], así como que el mecanismo de transmisión de la información afecta de forma determinante a la trayectoria temporal de difusión. Sin embargo, estos modelos presentan una extraordinaria limitación derivada de su simplicidad. Así, pueden explicar la difusión de los flujos de información en poblaciones *homofílicas*[171] (es decir, semejantes en aquellos atributos de los que depende la difusión), pero no en aquellas otras poblaciones *heterofílicas* en las que las diferencias entre individuos (o grupos de individuos) dificultarán la comunicación y por lo tanto el proceso de persuasión, imprescindible para

[169] Para una revisión de este tipo de literatura, véase MAHAJAN, MULLER y BASS (1990), quienes hacen especial hincapié en las innovaciones de producto.

[170] No obstante, como reconoce MANSFIELD (1986), MANSFIELD (1988) y MANSFIELD (1993), existe por un lado gran variabilidad entre sectores y entre tipos de invenciones, aunque con una clara tendencia a la reducción del periodo necesario para la difusión a medida que ha ido transcurriendo el tiempo. Esta reducción es mucho mayor a medida que se producen avances en las nuevas tecnologías de la comunicación.

[171] Encontramos una definición de estos términos en ROGERS (1983), p. 18–19, como "...the degree to which pairs of individuals who interact are similar in certain attributes, such as beliefs, education, social status and the like", al tiempo que observa que "homophilous communication ...[is] ... more likely ...[and] ...also more likely to be effective... More effective communication occurs when two individuals are homophilous".

En este sentido, debe verse también el Capítulo 8 de la obra citada, en especial las páginas 274–277.

Universidad de Huelva 2009

que la difusión tenga lugar. Todo esto nos lleva a la consideración de qué individuos son especialmente influyentes en el conjunto de la población, cómo encuentran a los otros individuos y, especialmente, con cuáles de esos otros individuos su influencia es decisiva. Es decir, nos aproximamos a la consideración de la influencia de la estructura de redes y de las externalidades de ella derivadas en el proceso de difusión de las innovaciones.

En este sentido, uno de los principales problemas de los modelos epidémicos es la consideración como constantes del tamaño de la población y de la probabilidad de contacto entre un adoptante y un individuo que no lo es. Sin embargo, existen varias razones que nos impulsan a considerar la posibilidad de que dicha probabilidad sea decreciente en el tiempo[172]. Además de la evidente posibilidad de que los usuarios potenciales sean cada vez más resistentes (reticentes) a la comunicación "de boca a boca", debemos considerar que, sencillamente, los adoptantes más tempranos tienen una mayor capacidad que los más tardíos para comprender la nueva tecnología, es decir, las ventajas (beneficios netos) derivados de su adopción.

Por otro lado, es igualmente plausible considerar que el conjunto de la población objetivo crezca en el tiempo. Así por ejemplo, la población total puede dividirse en dos grupos. Uno de ellos, que constituye la población objetivo inicial para la difusión de la nueva tecnología, considera que ésta supone una mejora frente a las tecnologías disponibles. El otro, considera justo lo contrario, por lo que inicialmente queda excluido del conjunto de

[172] GEROSKI (1999), p. 15.

Universidad de Huelva 2009

potenciales usuarios de la innovación. Pero, a medida que transcurre el tiempo, la nueva tecnología irá experimentando mejoras graduales que se adapten a las necesidades del segundo grupo, o bien éste irá descubriendo aplicaciones de la innovación inicial a sus necesidades, lo que hará que se incorporen al conjunto de usuarios potenciales. Es decir, a medida que la nueva tecnología se difunde y madura, el tamaño de la población objetivo crece gradualmente, como consecuencia de la extensión de las posibilidades de utilización desde un grupo central inicial (para el que la innovación supone una mejora sustancial frente a las tecnologías hasta el momento disponibles) hacia otros grupos periféricos, para los que dicha innovación tiene una importancia secundaria.

Podemos formalizar el caso más simple en el que el conjunto de la población susceptible de utilizar una determinada innovación se divide en dos grupos, cada uno de ellos con diferente velocidad de difusión así como con distinto número de adoptantes iniciales, para realizar la difusión "de boca a boca". La difusión total de la nueva tecnología en cada momento será la suma de la difusión en cada uno de los dos grupos[173].

Consideremos dos poblaciones de tamaños n_1 y n_2 en las que los adoptantes iniciales que desarrollan el proceso de difusión "de boca a boca" son $m_1(0)$ y $m_2(0)$, y β_1 y β_2 las velocidades de difusión de la información, respectivamente. Como ya hemos señalado, la difusión de la nueva tecnología será el resultado de agregar la difusión en cada uno de las dos

[173] En DEBRESON y AMESSE (1991), MIDGLEY, MORRISON y ROBERTS (1992) y ROGERS (1995), pueden encontrarse detallados análisis y discusiones sobre los efectos de las estructuras de redes sobre la difusión. En cuanto se refiere a la literatura sobre el análisis de la difusión geográfica, BAPTISTA (1999) realiza una excelente revisión.

Universidad de Huelva 2009

poblaciones. Inicialmente, supondremos dos poblaciones sin interacción, es decir, sin que la difusión en una de ellas afecte al proceso de difusión en la otra y viceversa.

Bajo estas condiciones, podemos expresar la ecuación diferencial que define la trayectoria de difusión en ambas poblaciones como:

$$\mathrm{d}m(t) = \mathrm{d}m_1(t) + \mathrm{d}m_2(t) = \{\beta_1 y_1(t)[n_1 - m_1(t)] + \beta_2 y_2(t)[n_2 - m_2(t)]\}\mathrm{d}t$$

Esta expresión puede generalizarse al caso en que existe interacción entre los dos mercados considerando que los usuarios potenciales de la población i contactan con los adoptantes de la población j a un ratio η_{ij}, siendo i, j = 1, 2. Así nos queda:

$$\mathrm{d}m(t) = \{[\beta_1 y_1(t) + \eta_{12} y_2(t)][n_1 - m_1(t)] + [\beta_2 y_2(t) + \eta_{21} y_1(t)][n_2 - m_2(t)]\}\mathrm{d}t$$

Esta distinción entre dos poblaciones es útil si se utiliza para diferenciar dos grupos dentro de una misma población. Uno de ellos adopta la nueva tecnología de forma más temprana, difundiéndose a una mayor velocidad. Este primer grupo acaba siendo una fuente de información para el segundo, que adopta la innovación más tardíamente y a una menor velocidad. La trayectoria temporal agregada de difusión en el conjunto de la población será la suma vertical de las trayectorias individuales en cada grupo, por lo que es de esperar que mantenga la forma de S, aunque en esta ocasión sea asimétrica[174] y presenta una alargada cola superior. Así, es de

[174] De hecho, GEROSKI (2000) considera que es muy poco probable encontrar trayectorias de difusión simétricas, para lo que cita diversos casos de los trabajos de GRILICHES (1958 y 1980), DIXON (1980) y DAVIES (1979), entre otros. Considera además que la asimetría está motivada por la heterogeneidad de los diversos individuos que componen la población o los

Universidad de Huelva 2009

esperar una rápida difusión inicial, especialmente dentro del primer grupo, seguida de una posterior aproximación lenta y gradual hasta el nivel teórico máximo de difusión, éste fundamentalmente dentro del segundo grupo. La velocidad agregada de difusión será la media ponderada de las respectivas velocidades individuales (β) y cruzadas (η) de difusión. Además, la consideración de diferentes grupos permite explicar que el tamaño de la población potencial crezca en el tiempo al incorporarse nuevos grupos a medida que el proceso de difusión avanza, así como los decrecimientos en la velocidad agregada de difusión a medida que se producen estas incorporaciones, cambios que de esta forma son ambos endogeneizados.

3.3.2. Modelos de Efectos o modelos probit

Los modelos que acabamos de describir y que pueden enmarcarse dentro del calificativo de psicológicos han sido utilizados con cierta abundancia, aunque en la mayoría de los casos sin el desarrollo formal que es característico de Mansfield[175]. La principal conclusión que puede extraerse de estos modelos es, como ya hemos apuntado anteriormente, que los adoptantes se distribuyen siguiendo una campana de Gauss, lo que permite clasificar las empresas en cinco grupos. En primer lugar, los innovadores, que son arriesgados y entusiastas en la incorporación de nuevas ideas, mantienen un vasto y rico sistema de contactos con el exterior a la empresa y tienen suficiente capacidad financiera para soportar algunas pérdidas que puedan producirse de tiempo en tiempo. En segundo

grupos en que ésta se divida, siendo mayor cuanto mayor sea dicha heterogeneidad.

[175] Para una revisión de estos modelos pueden verse ROGERS (1983) y NORRIS y VAIZEY (1973) *entre otros*.

Universidad de Huelva 2009

lugar, los primeros adoptantes, que suelen formar parte de la misma comunidad empresarial que los innovadores y actúan como líderes de opinión. Junto a ellos la mayoría temprana, que tiende a planificar estratégicamente el momento de adopción, es el otro de los tres grupos que componen la primera mitad de la campana. La segunda mitad está compuesta por sólo dos grupos, la mayoría tardía, que se caracteriza por su escepticismo inicial sobre la innovación, y los retrasados, que suelen tener un fuerte componente tradicionalista[176].

Sin embargo, estos modelos se encuentran con serias limitaciones[177]. En primer lugar, la información se difunde mucho más rápidamente de lo que lo hace la adopción efectiva de las innovaciones. Además, los usuarios potenciales no necesitan simplemente tener acceso a la información, sino que requieren algún tipo de persuasión o demostración de los beneficios asociados a dicha innovación. Por último, la decisión de las empresas de adoptar de forma más temprana o tardía las innovaciones depende, por lo general, de muchas otras razones más profundas que la simple disponibilidad de información, entre las que debemos destacar la incertidumbre asociada a la nueva tecnología, el riesgo que supone su adopción, la actitud ante el riesgo de las empresas y las diferentes capacidades de las empresas para aprender y para acceder a la información relevante sobre la nueva tecnología.

Es decir, cuanto acabamos de argumentar mediante los modelos epidemiológicos sólo nos sirve para afirmar que unas empresas adoptan la

[176] En ROGERS (1983), pp. 247–264, podemos encontrar una descripción detallada de estas cinco categorías de adoptantes así como de sus características.

[177] GEROSKI (1999), p. 4.

Universidad de Huelva 2009

nueva tecnología antes y otras lo hacen más tarde, pero no aporta elementos explicativos suficientes de por qué unas adoptan en un momento del tiempo y otras lo hacen en otro momento distinto. Además, en cuanto consideramos la difusión como un proceso de persuasión en vez de una simple transmisión de información, la analogía con las epidemias se desvanece[178]. Se hace por tanto necesario recurrir a modelos que permitan tomar en consideración aspectos como el riesgo y la incertidumbre y los demás aspectos que pueden diferir de unas empresas a otras y, como acabamos de señalar, condicionan la decisión de adopción de una nueva tecnología por parte de una empresa.

Con este objetivo se construyeron modelos que pretendían relacionar la probabilidad de que una empresa adoptase una determinada innovación con sus propias características, entre las que destaca el tamaño en los trabajos empíricos. Estos modelos, conocidos como modelos probit, parten de la asunción de que cada adoptante potencial tiene su propia valoración sobre la rentabilidad asociada a la adopción de la nueva tecnología, dadas sus características, lo que determina su incentivo individual para adoptarla en un determinado momento del tiempo, antes que unas empresas y más tardíamente que otras[179]. Suponen que las características individuales (representadas por una variable X) están distribuidas según una

[178] "...once one begins to think seriously about diffusion as a process of persuasion rather than simply as a process of spreading news, the analogy with epidemics begins to break out". GEROSKI (1999), p. 16.

[179] Aunque la mayor parte de estos modelos no lo reconocen de forma explícita, dentro de esta valoración debemos considerar el incremento neto de beneficios (reducción neta de costes) asociado a la adopción de la nueva tecnología en sustitución de aquella con la que actualmente producen. Es decir, una correcta valoración de la rentabilidad asociada a la nueva tecnología debe considerar los costes irrecuperables de la tecnología antigua para valorar los beneficios asociados a la nueva.

Universidad de Huelva 2009

determinada función de densidad, por lo general la normal o la logarítmico–normal, y la empresa adopta la innovación sólo si la variable que representa sus características supera un determinado nivel crítico, o lo que es lo mismo, si la rentabilidad esperada supera un nivel crítico. El proceso de difusión tiene lugar a medida que el nivel crítico va cambiando en el tiempo. Si las tasas de cambio son primero crecientes y luego decrecientes, la trayectoria de difusión tendrá la forma de S habitual en los modelos epidemiológicos.

a) Los modelos probit de difusión de las innovaciones.

El primero de estos modelos, posterior en el tiempo al de Mansfield, consideraba una innovación que permitía reducir costes variables (ahorro en el uso de factor trabajo), aunque exigía un mayor coste fijo (volumen de inversión inicial), respecto a la tecnología antigua[180]. En estas circunstancias, la decisión de adoptar la nueva tecnología depende de que la empresa alcance un tamaño suficiente para que el ahorro en factor trabajo compense el incremento de coste fijo que supone dicha adopción[181].

---

[180] DAVID (1966) y (1969) que estudió la difusión de las cosechadoras mecánicas en estados Unidos.

No obstante, la denominación de "Probit" no surge hasta que la utiliza DAVIES (1969), quién señala la semejanza lógica existente entre el comportamiento de los consumidores respecto a la compra de nuevos bienes duraderos (habitualmente estudiados con las técnicas econométricas llamadas "Probit" y las decisiones de las empresas respecto a la adopción de innovaciones incorporadas en bienes de capital.

[181] Este supuesto sería compatible con el enfoque microeconómico que considera que la decisión de adoptar inmediatamente o posponer la incorporación de la nueva tecnología depende de la existencia de costes irrecuperables. Añadidos estos costes irrecuperables al coste de adquisición de la nueva tecnología, los costes fijos de ésta se incrementan en comparación a los asociados a la antigua, que se limitan a los mencionados costes irrecuperables.

Inicialmente apuntada por BROZEN (1951), puede verse una extensa exposición de este

Universidad de Huelva 2009

Más concretamente en este modelo, David determinaba el tamaño crítico de una empresa para que adoptase la innovación a partir de la comparación entre el ahorro en factor trabajo (que dependía del volumen de producción o lo que es lo mismo del tamaño de la empresa) con el coste en capital de la nueva tecnología, ahorradora de factor trabajo. Por motivos de simplicidad suponía que el coste fijo de la tecnología antigua era nulo y por tanto también su precio y que el precio del producto está dado. Esta última asunción es muy verosímil, puesto que la producción no se ve alterada por el uso o no de una cosechadora mecánica, sino por la cantidad de tierra cultivada, es decir, por el tamaño de la empresa. Sin embargo, el coste de la nueva tecnología (c) dependía de su precio de adquisición (P) y del tipo de interés predominante (R) o rendimiento imputado[182].

$$c = P \cdot R$$

$$R = \frac{r}{1 - e^{-rd}}$$

Siendo L_s el ahorro unitario de factor trabajo de la nueva tecnología, w el salario y X el volumen de producción, tenemos que el ahorro obtenido por la empresa i al producir con la nueva tecnología puede cuantificarse a partir de la expresión:

$$S_i = X^i \cdot w \cdot L_s$$

enfoque de los costes irrecuperables en PASHIGIAN (1996) pp. 303–310 y 348–352.

[182] En la generalización de STONEMAN y IRELAND (1983) este rendimiento imputado es calculado en función del tipo de interés real (r) y de la vida útil de la innovación (d).

Universidad de Huelva 2009

Definidos costes e ingresos asociados a la nueva tecnología, en cada momento del tiempo sólo adoptarán la tecnología aquellas empresas que alcancen un volumen de producción lo suficientemente amplio como para que el ahorro en factor trabajo supere al mayor coste de capital. El tamaño crítico (X^C) estaría en el límite, es decir en aquel volumen de producción para el que el ahorro iguala al coste y, siendo $\omega = w/P \cdot R$ el cociente de precios relativos entre factor trabajo y capital, nos permite determinar dicho tamaño crítico a partir de la siguiente expresión:

$$X^C \cdot w \cdot L_S = C \cdot R \Rightarrow X^C = \frac{C \cdot R}{w} \cdot \frac{1}{L_S} = \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{L_S}$$

La adopción de la innovación por una empresa dependerá de que su tamaño supere en el momento considerado el tamaño crítico, por lo que el nivel de difusión (número de adoptantes) en la economía dependerá en cada momento de la probabilidad de encontrarnos con empresas de tamaño superior al crítico[183]:

$$D_t = \mathrm{P}(X_t^i \geq X_t^C) = \int_{X_t^C}^{\infty} \mathrm{f}(X^i)\,\mathrm{d}X^i$$

Conocida la forma en que varía el tamaño crítico en el tiempo habremos determinado la trayectoria de difusión de la nueva tecnología. Si el tamaño de las empresas sigue una distribución logarítmico–normal, también será logarítmico–normal la distribución de D_t, por lo que la trayectoria de difusión la podremos representar en forma de S[184], y nos

[183] La función $f(X^i)$ es la logarítmico–normal.

[184] Nótese que lo que este modelo mide es el número de empresas que han adoptado la

Universidad de Huelva 2009

encontraremos ante un modelo que se ajusta a los que en econometría se califica como modelos probit. Esto puede verse más claro a partir del siguiente conjunto de ecuaciones[185]:

$$\frac{\partial X_t^C}{\partial t} = -\lambda \cdot X_t^C, \quad \lambda = \frac{\partial \omega}{\partial t} \cdot \frac{1}{\omega}$$

$$\frac{\partial D_t}{\partial X_t^C} = -\mathrm{f}(X_t^C)$$

$$\frac{\partial D_t}{\partial t} = \frac{\partial D_t}{\partial X_t^C} \frac{\partial X_t^C}{\partial t} = \lambda \cdot X_t^C \, \mathrm{f}(X_t^C)$$

Un enfoque similar, aunque más rico es el que desarrolló Davies diez años después[186]. La mayor riqueza de este enfoque se encuentra, por un lado, en la utilización, como criterio para decidir la adopción o no de una innovación, de la rentabilidad de la nueva tecnología en vez del ahorro en costes con ella conseguido, y por otro, en la consideración no sólo del tamaño de la empresa (que sigue siendo la variable fundamental) sino también de una variable que combina las demás características de la empresa como determinantes tanto de la rentabilidad asociada a la adopción en cada momento como del nivel crítico de rentabilidad con que es comparada para decidir si se adopta o no la innovación.

---

tecnología en cada momento del tiempo, no el nivel de uso que dichas empresas hacen de dicha innovación. El propio David abandonó explícitamente el estudio del nivel porque pretendía determinar la difusión entre empresas, no dentro de una misma empresa.

[185] DAVID consideraba que el tamaño crítico cambia a medida que se incrementaba el coste relativo del salario respecto al capital (ω) y, en concreto, que dicho tamaño crítico se reducía en la misma proporción en que aumentaban los costes relativos del trabajo. Además, consideraba que esta proporción es constante siendo la función lognormal.

[186] DAVIES (1979).

Universidad de Huelva 2009

Este enfoque considera como criterio de decisión el período estimado de recuperación de la inversión necesaria para llevar a cabo la innovación (R_{it}^{E}), comparado con un período crítico máximo(R_{it}^{C}): la adopción tiene lugar cuando el período de recuperación es inferior al nivel crítico, siendo el caso límite la situación de igualdad, lo que podemos expresar como [187]:

$$R_{it}^{E} \leq R_{it}^{C}$$

Tanto el período de recuperación esperado como el crítico dependen, en una determinada escala o proporción (factor escala, θ) del tamaño de la empresa (X_{it}), de las demás características de ésta resumidas en una única variable[188] (Y_{it}) y del tiempo. Todo queda recogido en las siguientes expresiones en las que, además de las variables ya especificadas, β_1 y β_2 son parámetros positivos que miden la intensidad del tamaño sobre los períodos de recuperación:

$$R_{it}^{E} = \theta_{1t} X_{it}^{\beta_1} Y_{1it}, \quad \theta_{1t} > 0$$
$$R_{it}^{C} = \theta_{2t} X_{it}^{\beta_2} Y_{2it}, \quad \theta_{2t} > 0$$

Además, la variación en el tiempo de los factores de escala (θ_{1t} y θ_{2t}) es tal que el período de recuperación esperado tiende a disminuir mientras que el crítico tiende a aumentar, lo que facilita la difusión en el tiempo de la nueva tecnología. Es decir:

---

[187] GEROSKI (2000), nota 11. Véase también STONEMAN (1983), en especial pp. 97–101.

[188] Esta variable es distinta para cada período de recuperación en la medida en que las variables que afectan a cada uno de ellos no coinciden en su totalidad (por ejemplo, los costes hundidos no afectan al período crítico y sí al esperado). Por lo demás se obtiene como un producto ponderado de las diversas características relevantes de la empresa.

Universidad de Huelva 2009

$$\frac{\mathrm{d}\theta_{1t}}{\mathrm{d}\,t}\frac{1}{\theta_{1t}}<0$$

$$\frac{\mathrm{d}\theta_{2t}}{\mathrm{d}\,t}\frac{1}{\theta_{2t}}>0$$

El criterio de adopción puede expresarse comparando el cociente entre el período de recuperación esperado y el crítico con la unidad. De otra parte, si definimos los períodos de recuperación en función de la escala y las demás características de la empresa, es posible transformar así el criterio de decisión en uno basado en el tamaño, que recoge además todas las demás variables relevantes de la empresa:

$$\frac{R_{it}^{E}}{R_{it}^{C}}=\frac{\theta_{1t}X_{it}^{\beta_1}Y_{1it}}{\theta_{2t}X_{it}^{\beta_2}Y_{2it}}\leq 1$$

$$\theta_t X_{it}^{\beta}Y_{it}\leq 1$$

$$X_{it}^{C}=(\theta_t Y_{it})^{-1/\beta}$$

$$\beta=\beta_1-\beta_2,\ \theta_t=\theta_{1t}/\theta_{2t},\ Y_{it}=Y_{1it}/Y_{2it}$$

Por motivos de simplicidad, Davies supone que las variaciones en el tamaño crítico se deben exclusivamente a variaciones en el factor de escala, cuya forma depende de la sencillez y los requerimientos de inversión asociados a la innovación. Así, las innovaciones pueden clasificarse en dos grupos, unas primeras o Grupo A, caracterizadas por su sencillez respecto a los conocimientos adicionales a los necesarios para manejar la tecnología antigua y por requerir una reducida inversión para ser adoptadas; su difusión se realiza rápidamente en los primeros años. Por otro lado, las

Universidad de Huelva 2009

innovaciones Grupo B, caracterizadas por su complejidad y por requerir una voluminosa inversión para ser adoptadas; su difusión es muy lenta en las primeras etapas y su generalización sólo se consigue cuando ya han pasado varios años desde su puesta en el mercado.

A efectos de estimación, Davies supone que tanto el tamaño como las demás características de las empresas siguen distribuciones logarítmico–normales con la siguiente forma:

$$X \sim \Lambda(\mu_X, \sigma_X^2)$$
$$\ln Y_{it} \sim N(0, \sigma^2)$$

Siendo D_t la proporción de la población que han adoptado la nueva tecnología en el momento t, Davies concluye que las innovaciones de Grupo A siguen una función de densidad acumulada logarítmico–normal, mientras que las de Grupo B siguen una normal. Es decir, $D_t \sim N(\mu_D, \sigma_D^2)$ respecto al $\ln t$ en las innovaciones Grupo A y respecto a t en las innovaciones Grupo B. Realizando las transformaciones oportunas, llega a una variable $Z_t \sim N(0,1)$ que es la desviación equivalente normal (normit), cuyos valores extraídos de las tablas son los utilizados en las regresiones para calcular los coeficientes, siguiendo la práctica habitual de estimación de los modelos probit. Así, las expresiones de la variable Z y las ecuaciones a estimar para cada uno de los dos grupos de innovaciones son, respectivamente:

Universidad de Huelva 2009

$$Z_t^A = \frac{\ln t - \mu_D}{\sigma_D}$$

$$Z_t^A = a_1 + b_1 \ln t$$

$$Z_t^B = \frac{t - \mu_D}{\sigma_D}$$

$$Z_t^B = a_2 + b_2 t$$

En las regresiones anteriores, b_1 y b_2 son las medidas de la velocidad de difusión de cada tipo de innovación, que en una segunda etapa, de forma semejante a como se estimaban los modelos logit, son regresados sobre sus hipotéticos determinantes, en busca de signo y significatividad. Davies encontró que la velocidad de difusión estaba significativamente relacionada con cinco determinantes. Negativamente con (1) el número de empresas existentes en la industria, (2) el período típico de recuperación de la inversión asociado a la adopción y (3) la varianza del logaritmo del tamaño de la empresa, y positivamente con (4) la intensidad en factor trabajo de la industria y (5) la tasa de crecimiento de la industria.

b) Algunas consideraciones adicionales sobre los modelos probit.

El principal acierto de los modelos probit consiste en identificar cuáles de las características de la empresa son relevantes y significativas a la hora do tomar la decisión de adoptar o no una innovación. Entre ellas, el tamaño es la variable a la que más atención se ha prestado en los estudios empíricos, lo que se explica por su facilidad de observación y por ser una *proxy* de multitud de otros aspectos[189]. Los estudios empíricos parecen

[189] GEROSKI (1999), p. 19, considera que las grandes empresas tienen más disponibilidad del capital humano con las cualificaciones necesarias para la adopción de la innovación o para

Universidad de Huelva 2009

corroborar que, por una razón u otra, las grandes empresas son en general imitadores más rápidos que las pequeñas empresas[190].

Pero el tamaño no es la única característica relevante de la empresa para decidir si adoptar o no una nueva tecnología. Destacan el papel de los oferentes de la tecnología, las expectativas tecnológicas y los costes[191]. Para integrar todos estos aspectos en el modelo, resulta útil considerar como variable de decisión el beneficio o la rentabilidad neta (Valor Actual del flujo de beneficios esperado) asociada a la adopción de la innovación. En tal caso, el nivel crítico que determina si dicha adopción tiene lugar en un momento del tiempo o se pospone, es el coste de adquisición de la nueva tecnología.

La adopción tiene lugar cuando la rentabilidad neta supera el coste de adquisición. Todos los factores que hagan que el nivel crítico disminuya en el tiempo o que la rentabilidad neta varíe, acabarán determinando la trayectoria de difusión. A medida que el coste de adquisición caiga por debajo de la rentabilidad neta esperada por las empresas, irá aumentando el

---

aprender sobre la nueva tecnología, usan más intensivamente las innovaciones de proceso y por tanto se benefician más de las reducciones de costes (argumento ya aportado por DAVIES en 1969), son menos aversas al riesgo o pueden diversificarlo con actividades o con procesos complementarios a los de la innovación, entre otras características.

[190] Los trabajos de DAVID (1969), METCALFE (1970), la mayoría de los estudios reflejados en NABSETH y RAY (1974), ROMEO (1975), DAVIES (1979), HANNAN y McDOWELL (1984), LEVIN y MEISEL (1987), ROSE y JOSKOW (1990), PENNINGS y HARUANTO (1992), INGHAM y THOMPSON (1993), KARSENAS y STONEMAN (1993), encontraron todos ellos una correlación positiva entre el tamaño de la empresa y la velocidad de difusión de las innovaciones. No obstante, también hay trabajos que no encuentran una correlación positiva, entre los que destacan el pionero de MANSFIELD (1963), que encontraba una correlación insignificante entre ambas variables y, especialmente, el de OSTER (1982), quien encontró precisamente una correlación negativa entre tamaño y velocidad de difusión.

[191] Puede verse un estudio más detallado de estas cuestiones en GEROSKI (2000), especialmente en el tercer apartado, que dedica al estudio de los modelos probit.

Universidad de Huelva 2009

número de adoptantes a lo largo del tiempo y la innovación se irá difundiendo.

En este proceso, los oferentes de la nueva tecnología juegan un papel fundamental, en la medida en que sus intentos de adaptar la nueva tecnología a las necesidades de los usuarios potenciales y su estrategia de márketing tiendan a incrementar el beneficio neto esperado de su adopción por los usuarios potenciales. Además, a medida que transcurra el tiempo es de esperar que aumente la oferta de la innovación, lo que tenderá a reducir los costes de adquisición de la misma. Ambos procesos favorecerán la difusión de la innovación y, manteniéndose relativamente estables las características de las empresas potencialmente usuarias, acabarán generando trayectorias de difusión en forma de S.

Por otro lado, el papel jugado por las expectativas tecnológicas puede retrasar la difusión de una innovación, en la medida en que se esperen mejoras (relativamente próximas en el tiempo) en la tecnología antigua o en la nueva. En tal caso, ocurriría, según la tecnología en la que se esperasen las mejoras, que la antigua se hiciese más atractiva de lo que sería en ausencia de expectativas, o bien que disminuyesen los beneficios esperados de adoptar la nueva en este momento en vez de aplazar su adopción hasta que la mejora tuviese lugar. En ambos casos, aumentan los costes de oportunidad asociados a la adopción temprana de la innovación, lo que efectivamente tenderá a retrasar la decisión de adopción.

Finalmente, los costes tienen un papel determinante, puesto que en función de ellos se determina el nivel crítico con el que comparar los

Universidad de Huelva 2009

beneficios netos esperados para decidir en cada momento del tiempo si adoptar la innovación o posponer la adopción.

Para el correcto cálculo del nivel crítico de rentabilidad esperada para adoptar la innovación en un momento determinado del tiempo o posponerla, deben incluirse, al menos, los costes de búsqueda y aprendizaje, necesarios para comprender el funcionamiento de la innovación, así como las pruebas y ensayos y demás costes necesarios para reducir la incertidumbre y el riesgo asociados a dicha adopción. Estos costes son mayores en las primeras etapas de la difusión de la nueva tecnología y se van reduciendo a medida que aumenta su uso y se genera una mayor información para el conjunto de la población de usuarios potenciales[192].

A estos costes deben añadirse los costes de reemplazo o sustitución, que incluyen tanto el coste de adquisición de la nueva tecnología como los costes de adaptación de los trabajadores y del proceso productivo en general a las características del nuevo método[193], lo que incluye, entre otros aspectos, las actividades de comercialización y distribución de nuevos productos[194], la necesidad de aprovisionamiento de nuevas materias primas,

[192] GEROSKI (1999), pp. 21–22.

[193] En COHEN y LEVINTHAL (1987) puede encontrarse una discusión de estos aspectos, así como alguna evidencia. Para los efectos del capital humano y la formación sobre la difusión, puede verse WOZNIAC (1987) y McWILLIAMS y ZILBERMAN (1996), mientras que PENNINGS y HARIANTO (1992) analizan cómo la experiencia previa de las empresas afecta a la capacidad de absorción de nuevas tecnologías y por tanto al proceso de difusión.

[194] En general, las empresas serán reticentes a adoptar aquellas innovaciones que den lugar a nuevos productos o nuevos servicios, que requieran cambios radicales en las pautas de consumo, en la formación o en las habilidades y capacidades de aprendizaje o en los procesos productivos de sus clientes. Estas reticencias serán mayores cuanto más estrecha y cerrada sea la relación entre proveedor y cliente. Véase CHRISTENSEN (1997) para un estudio más

Universidad de Huelva 2009

una nueva organización del proceso productivo, el redimensionamiento de la estructura y composición de los factores productivos y las regulaciones gubernamentales[195].

Por último, los costes de oportunidad, especialmente relacionados con la vida útil de la tecnología antigua y la existencia de costes hundidos o irrecuperables al no estar completamente depreciados los bienes de capital de tecnología antigua. Estos costes surgen con mayor intensidad cuanta mayor depreciación provoque la aparición de la nueva tecnología en el mercado de segunda mano de los bienes de capital con tecnología antigua. En estos casos, los costes irrecuperables justifican una adopción gradual de la nueva tecnología para toda empresa que tome decisiones racionales, pues aunque la nueva tecnología disminuya los costes de producción respecto a la antigua, al sumarle los costes hundidos puede que la rentabilidad neta asociada a la adopción inmediata sea negativa, lo que induciría a posponer la adopción hasta agotar la vida útil de la tecnología antigua[196]. Esto significa que las empresas sólo sustituyen aquellos bienes de capital con tecnología antigua que están suficientemente depreciados (son lo suficientemente antiguos) como para que el beneficio neto esperado de

---

detallado, en el que se analizan varios ejemplos de este fenómeno.

[195] Gran parte de los estudios econométricos recientes sugieren que el sector público raramente acelera la difusión de las innovaciones y que las empresas públicas por lo general adoptan las innovaciones después de que lo hagan las privadas; además, en los sectores regulados la difusión es mucho más lenta que en aquellos en los que existe libertad de entrada. Para un estudio más detallado, pueden verse los trabajos de OSTER y QUIGLEY (1977), HANNAN y McDOWELL (1984) y ROSE y JOSKOW (1990), entre otros. Más recientemente, podemos encontrar conclusiones semejantes para un análisis comparativo entre países en GRUBER y VERBOVEN (1999), en este caso para las innovaciones introducidas en la telefonía móvil.

[196] No obstante, la aparición de una nueva tecnología puede acortar la vida útil de la antigua, o lo que es lo mismo, acelerar su proceso de depreciación. Esto será así cuanto mayor sea la reducción en los costes de producción obtenida con la nueva tecnología.

Universidad de Huelva 2009

adoptar la nueva tecnología (incluidos todos los costes de adopción) sea positivo[197].

c) Diversas definiciones de modelos probit.

Los modelos tradicionalmente conocidos como modelos probit son los que Stoneman conoce como modelos de rangos[198]. Estos modelos consideran que las diferencias en la rentabilidad bruta asociada al empleo de la nueva tecnología por cada empresa provienen de las diferentes características propias de cada empresa, siendo estas diferencias las que acaban generando distintas preferencias temporales para la adopción de las innovaciones.

La mecánica del modelo consiste en determinar una distribución de los costes de reserva para la adquisición de la nueva tecnología, considerando que las empresas se deciden a adoptarla a medida que los costes efectivos de adquisición caen por debajo de sus propios costes de reserva. Puesto que los costes de adquisición son decrecientes en el tiempo, la principal conclusión de estos modelos es que las empresas con más altos beneficios son las que adoptan antes las innovaciones, mientras que aquellas empresas cuyos beneficios son más bajos sólo adoptan la nueva

---

[197] Una cuestión interesante en este sentido es si la antigüedad media a la que los bienes de capital son reemplazados por otros es constante a lo largo del tiempo. Los trabajos de OULTON (1989), CABELLARO y HAMMOUR (1994) y GEROSKI y GREGG (1998) aportan evidencia de que en las recesiones tiende a alargarse la vida útil de los bienes de capital, es decir, tiende a posponerse la adopción de nuevas tecnologías más de lo que se habría pospuesto en un periodo de expansión. Estos hechos apuntan que puede existir alguna correlación entre la difusión de las innovaciones y los ciclos macroeconómicos.

[198] STONEMAN (1994)

Universidad de Huelva 2009

tecnología más tarde, cuando ya ha transcurrido el tiempo suficiente para que los costes de adquisición caigan por debajo de sus costes de reserva.

Para determinar los costes de reserva, se parte de una clasificación de mayor a menor de los rendimientos brutos asociados a la utilización de la innovación, para cada una de las empresas potencialmente adoptantes, lo que permite deducir una distribución de beneficios entre ellas. A continuación, relacionando esta distribución de beneficios con el coste de adquisición y con su evolución temporal a través de expectativas, se obtiene una distribución de los costes de reserva, que es la que se compara con el coste de adquisición para determinar el ritmo de difusión de la tecnología.

Una alternativa son los llamados modelos de efectos de cantidad. Si consideramos que el beneficio que proporciona la nueva tecnología al adoptante marginal disminuye a medida que aumenta el número total de adoptantes anteriores, llegaremos a la conclusión de que para cada coste de adquisición existe un número máximo de adoptantes, por encima del cual la adopción deja de ser rentable. A medida que el coste de adquisición vaya disminuyendo con el transcurso del tiempo se irán produciendo nuevas adopciones, generándose así una trayectoria de difusión.

El factor clave para determinar el coste de reserva no lo constituyen ya las diferencias intrínsecas de cada empresa, sino en el volumen acumulado de adoptantes de la nueva tecnología, que hace que disminuyan los rendimientos asociados a dicha tecnología por parte de los adoptantes potenciales. Este resultado se deriva de endogeneizar las decisiones de producción de las empresas, de forma que a medida que las empresas

Universidad de Huelva 2009

adquieren la nueva tecnología sus costes disminuyen, lo que provoca cambios en los volúmenes de producción de las empresas y consiguientemente del sector y acaba traduciéndose en cambios en los precios industriales que finalmente afectan a la rentabilidad esperada por un posterior adoptante potencial. Aunque los resultados no dependen necesariamente de que las empresas adopten un comportamiento estratégico, es común designar a estos enfoques como "de teoría de juegos"[199].

Por último, los modelos de efectos de orden. Estos efectos resultan de considerar cómo se ve afectado el rendimiento que una empresa espera obtener de la adopción de una tecnología por el lugar que dicha empresa ocupa en el orden de adopción, bajo el supuesto de que los adoptantes más tempranos obtienen mayores rendimientos que aquellos otros más retrasados.

Ahora, para determinar los costes de reserva se toma en consideración la distribución de las expectativas de beneficios asociados a la adopción de la innovación, dado el orden que se ocuparía tras la última adoptante y cómo afectaría a dichos beneficios el hecho de posponer la adopción y quedar más abajo en el orden. Dado un coste efectivo de adopción, sólo será rentable hasta un determinado puesto en la escala de adopción, que será precisamente el número de empresas que efectivamente adoptan. A medida que los costes de adopción vayan disminuyendo aumenta el número de adoptantes, lo que genera una trayectoria de difusión.

---

[199] Esta expresión fue utilizada por primera vez por REINGANUM (1981), aunque posteriormente QUIRMBACH (1986) demostró que el comportamiento estratégico no es una condición necesaria para llegar a estos resultados.

Universidad de Huelva 2009

3.3.3. Modelos de aprendizaje bayesiano.

Una característica común tanto a los modelos logit como a los probit es que el factor determinante del proceso de difusión sufre variaciones que vienen determinadas exógenamente al modelo. Para Mansfield–Romeo es, implícitamente, la reducción de la incertidumbre sobre la nueva tecnología a través de un aprendizaje por infección mediante contactos entre los distintos agentes económicos. Para David–Davies, son las variaciones en el precio de adquisición de la nueva tecnología, que vienen determinadas exógenamente por la evolución del mercado en el que ésta se intercambia. Además, en ambos casos se minimiza el papel jugado en la decisión de adopción de la innovación por el proceso de aprendizaje racional que tiene lugar en el seno de las empresas. Con el objetivo de superar estas objeciones, Stoneman se centra sobre un aspecto sustancial a la difusión en el seno de una empresa: el mecanismo de aprendizaje que sobre la nueva tecnología, sus características, su funcionamiento y sus condiciones de uso tiene lugar en dicha empresa.

Para Mansfield, siguiendo el esquema iniciado en su modelo de difusión entre empresas, este proceso tiene lugar a medida que se van produciendo contactos entre los distintos agentes que componen la empresa; es decir, se trata de un proceso epidemiológico, aunque él no usara dicha expresión. En el modelo de Davies ni siquiera se alude al proceso de aprendizaje, a pesar de que podría jugar un papel importante si, por ejemplo, hiciese incrementar los beneficios esperados de la adopción, lo que haría que ésta se hiciese efectiva incluso si el precio de la nueva tecnología permaneciese constante.

Universidad de Huelva 2009

Sin embargo, Stoneman[200] considera que a menos que no existan canales formales de información dentro de la empresa, la difusión "epidémica" de la información no parece una opción verosímil. A lo sumo, se podría aceptar una difusión de la información de este tipo entre una empresa multinacional y sus filiales transnacionales o entre distintas plantas o divisiones de una misma empresa, pues constituyen casos límite entre la difusión dentro de una misma empresa y la difusión entre distintas empresas.

Como principal alternativa, Stoneman[201] propuso un modelo de aprendizaje bayesiano, más acorde con los principios y supuestos que sobre el comportamiento individual se hacen habitualmente desde la Teoría Económica. El objetivo de este modelo es especificar la naturaleza del proceso de aprendizaje en el seno de la empresa, al que anteriormente se había prestado poca atención. La principal diferencia es que en el modelo bayesiano el aprendizaje no es por contagio, sino conscientemente buscado. Así, ante una nueva tecnología, la empresa es consciente de que desconoce su rentabilidad pero sabe que ésta se distribuye siguiendo una normal, cuya media y varianza desconoce. No obstante, la empresa forma sus propias expectativas o anticipaciones sobre el valor medio y la variabilidad de la rentabilidad de la nueva tecnología, que comparados con los correspondientes a la tecnología antigua, que sí conoce, le ayudan a determinar el nivel deseado de uso de la nueva tecnología[202].

---

[200] STONEMAN (1983), p. 76.

[201] STONEMAN (1981), aunque en un trabajo anterior de LINDER, FISHER y PARDEY (1979) ya se desarrolla un modelo de aprendizaje bayesiano.

[202] En los modelos de aprendizaje bayesiano, de esta forma, la fuente de heterogeneidad no es el

Universidad de Huelva 2009

De modo resumido, podemos formalizar el modelo de Stoneman como sigue. A partir del comportamiento de maximización racional, cada empresa decide si adoptar la innovación (y en qué proporción hacerlo) o posponer la adopción, en función del rendimiento que espera obtener de la utilización de cada tecnología, de la incertidumbre que exista sobre el valor verdadero de dichos rendimientos y del grado de aversión al riesgo que tenga cada empresa.

Gracias a su experiencia pasada, la empresa conoce con exactitud los rendimientos asociados a la antigua tecnología. Sin embargo, respecto a los beneficios asociados a la nueva tecnología sólo sabe que siguen una distribución normal de la que sólo es posible conocer su varianza, mientras que el rendimiento medio necesario no se conoce con certeza; sólo puede realizar una estimación que se va aproximando a su valor verdadero a medida que transcurre el tiempo[203].

De esta forma, es posible afirmar que la empresa toma su decisión en función del incremento esperado en cada momento en los rendimientos medios asociado a la sustitución de la tecnología antigua por la nueva (que sigue también una distribución normal), de la aversión al riesgo y de la variabilidad de los beneficios de la nueva tecnología. A medida que va transcurriendo el tiempo, la empresa observa los cambios experimentados

---

tamaño sino la actitud de los gestores (decisores) de la empresa frente a la innovación. Esta es la principal diferencia respecto a los modelos logit y probit. LISSONI y METCALFE (1994), p. 117.

[203] La suposición de conocimiento exacto de los rendimientos asociados a la tecnología antigua, así como, el aprendizaje gradual con la consiguiente reducción de incertidumbre sobre la tecnología nueva son fundamentales en los modelos de aprendizaje bayesiano. Ambos se producen gracias al aprendizaje a través de la experiencia y los errores pasados de individuos racionales.

Universidad de Huelva 2009

en sus rendimientos al usar la nueva tecnología (o los que habría experimentado si se hubiese decidido a adoptarla) y actualiza con ellos los valores de sus estimaciones, modificando así sus decisiones[204].

Puesto que la varianza de los rendimientos asociados a la utilización de la nueva tecnología en sustitución de la antigua dependerá de la varianza inherente a los rendimientos (que es independiente del tiempo) más la varianza de la distribución de los rendimientos medios, los modelos de aprendizaje bayesiano mantienen que, a medida que avanza el tiempo:

a. La varianza disminuye hasta alcanzar el verdadero valor de la varianza inherente a los rendimientos de la nueva tecnología.

b. El incremento de rendimientos asociado a la sustitución de la tecnología tiende a aumentar si inicialmente se había subestimado el verdadero valor de los rendimientos de la nueva tecnología, mientras que tiende a reducirse si inicialmente se había sobreestimado.

Por otro lado, cuanto mayor sea la expectativa inicial de beneficio medio asociada a la nueva tecnología, mayor el verdadero valor de dicho beneficio medio y menor la aversión al riesgo, más temprana será la adopción de la innovación. Por el contrario, cuanto mayor sea el rendimiento medio asociado a la antigua tecnología, mayor sea la variabilidad en los resultados de la nueva y mayor la variación de la mejora de rendimiento asociada a la sustitución de tecnologías, más tardía será la incorporación de la nueva tecnología por la empresa.

---

[204] Para un desarrollo más detallado de la aplicación de los modelos de aprendizaje bayesiano al aprendizaje de las empresas en un entorno en el que se producen cambios tecnológicos, véase STONEMAN (1981) y STONEMAN (1983), pp. 87–88 y 105–108.

Universidad de Huelva 2009

Pero cuanto acabamos de ver sólo nos indica cómo una empresa se decide a adoptar la innovación en un momento del tiempo o en otro. Sin embargo, para determinar una trayectoria de difusión necesitamos ir más allá y ver cómo evoluciona en el tiempo el número de empresas adoptantes a medida que éstas van aprendiendo de su experiencia de forma bayesiana.

Si definimos la difusión de la tecnología en cada momento del tiempo (D_t) como la proporción de empresas que están usando la nueva tecnología en dicho momento (en una proporción superior a la que habíamos determinado como valor crítico de α_t^*)[205], el análisis de la difusión de dicha tecnología coincidirá con el estudio de cómo D_t cambia en el tiempo.

Para que la trayectoria de difusión tenga la usual forma sigmoide se requiere que la derivada segunda respecto al tiempo ($\frac{d^2 D_t}{dt^2}$) cambie de signo en un determinado momento del tiempo. Para ello basta que tanto la varianza de la nueva tecnología y la de la ganancia media esperada de la sustitución de tecnologías, así como la diferencia entre los rendimientos medios de ambas tecnologías, la inicialmente estimada y la verdadera, sigan sendas distribuciones logarítmico–normales[206].

Mediante este modelo bayesiano el nivel deseado de utilización de la nueva tecnología queda determinado endógenamente por la empresa, en función de sus expectativas sobre la rentabilidad y el riesgo (variabilidad de

[205] STONEMAN (1981) considera que este nivel crítico es el 5%.

[206] Para una demostración detallada de esta conclusión, véase STONEMAN (1981) y STONEMAN (1983), pp. 106–107.

Universidad de Huelva 2009

la rentabilidad) de la nueva tecnología y los costes de ajuste asociados a la adopción de la innovación. Así, en todo momento la empresa maximiza su función objetivo, que depende positivamente de la rentabilidad y negativamente del riesgo, es decir, la empresa tiene, al menos, cierta aversión al riesgo. A medida que transcurre el tiempo y aumenta el uso de la nueva tecnología en el sistema económico (ya sea por la empresa o por otras), las expectativas de la empresa (sobre los parámetros de las distribuciones de beneficios) se van modificando y aproximándose cada vez más a los valores reales, es decir, la empresa acumula aprendizaje y va modificando los niveles deseados de uso de la nueva tecnología.

En el modelo de aprendizaje bayesiano es crucial saber cómo evolucionan en el tiempo las anticipaciones sobre rentabilidad y variabilidad de los rendimientos hacia sus verdaderos valores. Así, mientras la variabilidad se va reduciendo en el tiempo a medida que aumenta la información y el conocimiento acerca de la nueva tecnología y se reduce así la incertidumbre, las anticipaciones de la rentabilidad pueden aumentar o disminuir en el tiempo, según la expectativa inicial infravalorase o supravalorase la verdadera rentabilidad asociada a la nueva tecnología. Estas posibilidades permiten explicar por qué una innovación puede no difundirse de forma inmediata sino lentamente, por qué puede detenerse su difusión en un momento (e incluso retroceder hasta ser abandonada posteriormente) y por qué puede fracasar desde el principio, a pesar de que en todos los casos las empresas actúen racionalmente.

Así, si la expectativa inicial de rendimiento no es lo suficientemente elevada como para animar a un nivel crítico de uso de la innovación, ésta

Universidad de Huelva 2009

no podrá ver la luz, aunque las expectativas sean erróneas, y las empresas difícilmente podrán aprender y modificar sus expectativas. Si las expectativas animan a alcanzar al menos ese nivel crítico de uso, aún siendo inferiores al valor real, harán que la difusión sea gradual, pues las empresas incrementarán racionalmente su uso a medida que el aprendizaje las conduzca a modificar y corregir sus expectativas. Por último, unas expectativas supravaloradas pueden conducir a un nivel de uso mayor del racional con los valores reales, por lo que a medida que las empresas vayan modificando sus expectativas con el aprendizaje desearán reducir el nivel de uso de la nueva tecnología, lo que detendrá su difusión y puede incluso retraerla hasta el abandono.

Por otro lado, la gradualidad en la difusión se ve apoyada también por la existencia de costes de ajuste, puesto que dichos costes son mayores cuanto mayor es el incremento en el nivel corriente de uso y cuanto menor es el nivel de uso existente en el período anterior[207]. En la medida en que las expectativas de rentabilidad no superen los costes de ajuste, la adopción no tendrá lugar o se hará lentamente para reducir dichos costes, mientras que la reducción de los costes de ajuste con el uso progresivo hará que paulatinamente se vaya incrementando el nivel de uso (difusión) de la innovación.

Puesto que las empresas mantienen diferentes estimaciones iniciales de los parámetros de las respectivas distribuciones de los beneficios y distinto grado de aversión al riesgo, la fecha en que pasan a utilizar la nueva tecnología en una proporción suficiente para considerarlas

[207] STONEMAN (1983), pp. 78–79

Universidad de Huelva 2009

adoptantes, difiere de unas a otras. Además, la difusión gradual se ve reforzada por el comportamiento racional de las empresas que, al menos en las etapas iniciales de la vida de la nueva tecnología, no tienen una percepción (estimación) correcta de los verdaderos beneficios a ella asociados ni de su verdadera variabilidad.

Este mecanismo de aprendizaje bayesiano funciona mediante la experiencia, no a través de una infección, por lo que el comportamiento del empresario es racional al tomar la que considera la mejor opción dada la información de que dispone y las expectativas que se forma sobre aquella información de la que carece[208]. La racionalidad se ve reforzada por el hecho de que el individuo aprende de su experiencia, es decir, en todo momento busca corregir y afinar sus expectativas para acercarlas al verdadero valor de dicha información. Se trata, por tanto, de una teoría de la difusión que es compatible con los supuestos y principios que habitualmente se hacen sobre el comportamiento y la racionalidad individuales de cualquier agente económico (maximizador) desde la Teoría Económica. Además, la consideración de la existencia de costes de ajuste para determinar el nivel deseado de uso de la nueva tecnología la acercan también a las teorías de la inversión, en especial, la conclusión que afirma que la difusión es tanto más rápida cuanto mayor es la verdadera rentabilidad asociada a la innovación.

---

[208] Aunque los proponentes de modelos bayesianos así lo afirmen, la adopción llamada "por infección" no tiene porqué ser menos racional en determinados casos. Cuando las empresas son relativamente pequeñas, la adopción no requiere un coste adicional considerable respecto a la antigua tecnología (por ejemplo el cambio en el tipo de semillas), la incertidumbre (y por tanto el riesgo) sobre los rendimientos de la nueva técnica es grande y la información muy costosa, la "no búsqueda de información" en espera de que alguien comunique ("infecte") los resultados positivos de la innovación puede ser un comportamiento racional.

Universidad de Huelva 2009

Entre las principales predicciones de este modelo bayesiano de aprendizaje se encuentra una secuencia temporal de difusión en forma de S, por lo que coincide con las predicciones de los modelos epidemiológico y probit o de efectos, aunque con la ventaja de aportar un conjunto de factores explicativos endógenos (aprendizaje, elección del proceso técnico y costes de ajuste) basados en la racionalidad y el comportamiento maximizador de la empresa, de los que carecen el modelo de Mansfield y el de Davies. No obstante, como el propio Stoneman reconoce[209], presenta el extraordinario inconveniente de su dificultad, si no intratabilidad, desde un punto de vista empírico.

Los modelos de aprendizaje bayesiano presentan además una importante limitación. A menos que las pruebas y ensayos acerca de la nueva tecnología sean públicos y sin coste, nada garantiza que las empresas "más optimistas" o mejor informadas sean las primeras en adoptar, por lo que la difusión puede tener lugar al margen de las elecciones racionales individuales[210]. Ello se debe fundamentalmente a que consideran la innovación como una maquinaria o componente, cuyo impacto en los costes y capacidad productiva es relativamente pequeño y no las lleva a incrementar su producción y por tanto el precio del output queda inalterado, es así independiente de la decisión de adopción. En tales circunstancias, los beneficios extraordinarios derivados de la adopción pueden no ser suficientes para que ésta tenga lugar. Esto podría motivar

[209] STONEMAN (1983), p. 81.

[210] Véase SENSEN (1988a y 1988b).

Universidad de Huelva 2009

que empresas peor informadas adelantasen su adopción respecto a las mejor informadas[211].

3.3.4. Una comparación entre los diferentes modelos.

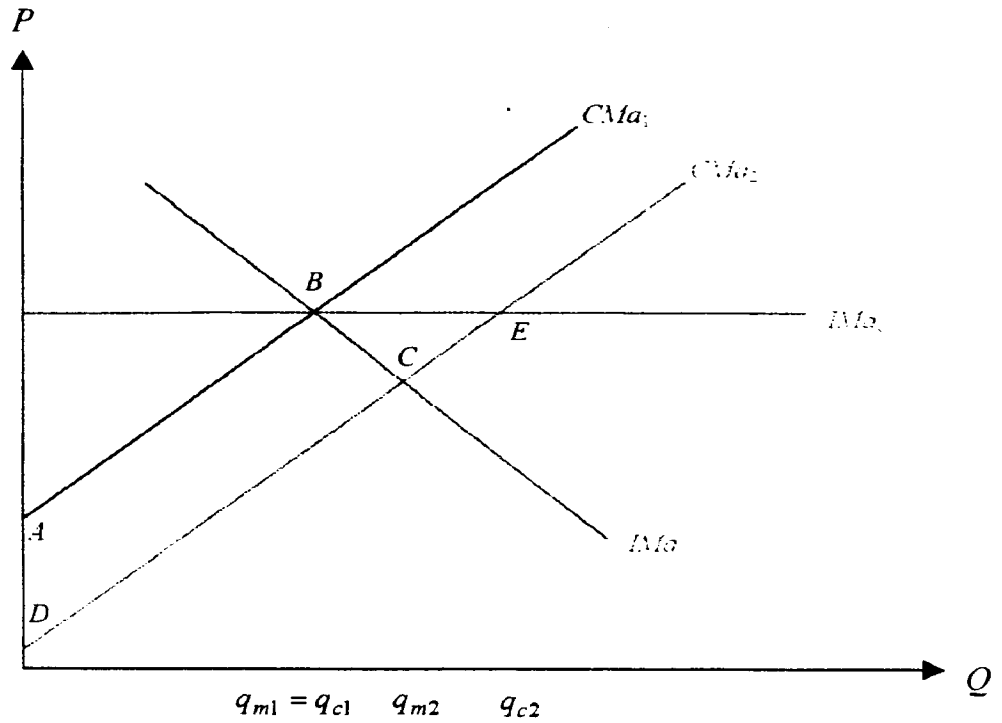
Comparados los resultados y las predicciones de los modelos, encontramos una notable diferencia entre las predicciones de los modelos logit y probit. Así, si en ambos se predice que la heterogeneidad en el tamaño de las empresas dificulta y ralentiza la difusión de las innovaciones, las predicciones son contradictorias en cuanto a los efectos del número de empresas existentes en la industria. Así, mientras Mansfield–Romeo encuentran que un mayor número favorece la difusión, Davies encuentra la relación inversa. Es decir, si de los modelos logit se deriva que las innovaciones se difunden más rápidamente en industrias menos concentradas, de los modelos probit no puede extraerse una relación determinada entre concentración y velocidad de difusión.

Puesto que no es posible encontrar un buen razonamiento que *a priori* nos sugiera que niveles elevados de concentración favorezcan una rápida difusión de las innovaciones, la tendencia es a inclinarse a favor de los resultados de los modelos logit. En esta línea, Scherer (1980) presenta un análisis basado en un sencillo aparato teórico que relaciona la difusión de la tecnología con la estructura de mercado y que reproducimos en la Figura 3.6.

[211] LISSONI y METCALFE (1994), p. 118.

Universidad de Huelva 2009

FIGURA 3.1. ESTRUCTURA DE MERCADO Y DIFUSIÓN DE LAS INNOVACIONES



FUENTE: SCHERER (1980).

En ella, representamos, como es habitual, las variables en términos monetarios en el eje de Ordenadas y las cantidades en el de Abscisas; las dos líneas de pendiente positiva son las curvas de costes marginales, asociadas, respectivamente, a la tecnología antigua o a la nueva según tengan el subíndice 1 ó 2; la línea horizontal se corresponde con el ingreso marginal de una industria con estructura de mercado competitiva, mientras que la de pendiente negativa representa el ingreso marginal en caso de una estructura monopolista; por ultimo, los distintos valores de las cantidades representan los equilibrios, en el caso de competencia y monopolio según estén afectadas de los subíndices *c* o *m* y en el caso de la tecnología antigua o la nueva según estén afectados de los subíndices 1 ó 2, respectivamente.

Universidad de Huelva 2009

Bajo el supuesto de comportamiento maximizador de las empresas, éstas producirán aquella cantidad que iguale su coste marginal con el ingreso marginal (una línea horizontal a la altura del precio fijado en el mercado para el caso de una industria competitiva). Como queda reflejado en la figura, la cantidad producida en una industria competitiva es mayor que la correspondiente a una industria monopolística. Además, atendiendo a los beneficios asociados de sustituir la tecnología antigua por la nueva, éstos serían iguales al valor del área ABCD en monopolio, mientras que en competencia serían e iguales al valor del área ABED, lo que, *ceteris paribus*, supera en el valor del área BCE el incremento de beneficio obtenido por el monopolio. A partir de este hecho, Scherer argumenta que en las industrias competitivas existen mayores incentivos para adoptar las innovaciones reductoras de costes que en aquellas que tienen una estructura monopolística.

No obstante, subsisten varias debilidades en el análisis que acabamos de desarrollar y que es necesario explicitar. En primer lugar, de su presentación se desprende que pretende comparar una industria monopolística con otra de estructura competitiva, pero la representación del ingreso marginal en este último caso como una línea recta horizontal nos hace pensar más bien en la empresa típica de dicha industria, por lo que la comparación parece más bien entre dos posibles estrategias de una única empresa que en su comportamiento maximizador del beneficio, puede optar bien por administrar el precio igualando el ingreso marginal a su nuevo coste marginal, bien por comportarse como "precio–aceptante" ante una innovación reductora de costes y expandir la producción manteniendo el precio existente antes de la innovación. Además, si se tratase de la

Universidad de Huelva 2009

comparación entre dos industrias con distinta estructura, el hecho de suponer que el equilibrio con la tecnología inicial se da en el mismo punto para ambas, implica que la curva de demanda de la industria depende de la estructura del mercado, lo que no constituye una hipótesis admisible.

Por otro lado, no parece razonable suponer que el precio de mercado (y por tanto la curva de ingreso marginal de la empresa competitiva) vaya a permanecer al nivel inicial cuando se produzca una reducción de los costes y exista competencia entre las empresas. Más bien parece plausible un desplazamiento hacia abajo, lo que reduciría la cantidad producida por cada empresa competitiva respecto a la determinada por Scherer. La cantidad total producida en la industria dependería de la curva de oferta a largo plazo de ésta una vez adoptada la innovación y de la curva de demanda, ninguna de las cuales está representada.

Por último, Scherer considera que la sustitución de la tecnología antigua por la nueva es inmediata, tanto en la empresa monopolista como en la industria competitiva. Sin embargo, parece más consistente suponer que las empresas que componen una industria competitiva vayan adoptando de forma gradual la nueva tecnología, en especial si existen costes irrecuperables asociados a la antigua. Razones equivalentes nos hacen suponer una difusión también gradual entre las múltiples plantas de un monopolista, siendo el monopolio multiplanta una alternativa equivalente a la industria competitiva con múltiples empresas. En estas circunstancias, el estudio de la difusión debe referirse al ritmo de sustitución de la antigua tecnología por la nueva en cada estructura de mercado, es decir, cómo varían los beneficios esperados de la adopción comparados con los costes

Universidad de Huelva 2009

irrecuperables en cada estructura de mercado. En cualquier caso, el esquema de Scherer no nos permite realizar este análisis.

Desde la literatura que suele englobarse como Economía Industrial es común destacar dos factores como determinantes fundamentales del cambio tecnológico, la estructura de mercado y el tamaño de las empresas. De cuanto acabamos de ver, podemos concluir que la cuestión de la influencia de la estructura del mercado en la difusión de las innovaciones se mantiene sin resolver, tanto desde el plano teórico como empírico. En cuanto al tamaño, los resultados son también divergentes. Los modelos logit de Mansfield–Romeo consideran que el tamaño de las empresas no es una variable significativamente influyente en la difusión de las innovaciones, mientras que los modelos probit de David–Davies la consideran como la principal variable explicativa de la difusión. Desde un punto de vista empírico, los resultados encontrados por los diferentes autores avalan los supuestos de sus respectivos modelos, aunque terceros estudios[212] parecen señalar cierta evidencia de que, en la industria del acero en los Estados Unidos, las empresas de mayor tamaño tienden a difundir la tecnología más lentamente.

Pero merece la pena resaltar un aspecto importante de las divergencias entre los modelos logit y probit en cuanto a la importancia del tamaño de las empresas. En el modelo de David–Davies la importancia de la variable tamaño no deriva de la variable en sí misma, sino de la relación que existe entre el tamaño de las empresas y la rentabilidad que asocian a su actividad productiva y especialmente al hecho de adoptar una innovación. Es decir,

[212] OSTER (1982).

Universidad de Huelva 2009

en un momento dado del tiempo, sólo aquellas empresas cuyo tamaño les permita obtener una rentabilidad con la nueva tecnología que compense el coste de adquisición[213] adoptarán la innovación y lo harán precisamente en aquella medida que compense los costes. A medida que transcurra el tiempo el coste ira disminuyendo, lo que inducirá a adoptar a otras empresas y así sucesivamente hasta que el proceso de difusión haya concluido.

A diferencia del modelo de Mansfield–Romeo, que es un modelo de saturación, el de David–Davies es un modelo de equilibrio, en el que el supuesto de costes de adquisición decrecientes (efecto precio) en el tiempo hace que el nivel de difusión de equilibrio también cambie en el tiempo. Otro supuesto crucial en este modelo es que las empresas de mayor tamaño son las que pueden extraer mayores beneficios de la adopción y por tanto son las primeras en adoptarla, lo que es corroborado empíricamente por los estudios realizados por estos autores, aunque como ya hemos visto hay otros estudios que señalan los resultados opuestos.

Con el objetivo de examinar si alguno de estos modelos tenía justificación fundada en la realidad, Karsenas y Stoneman dirigieron un ambicioso proyecto de investigación en el que se contrastaba empíricamente un modelo global que abarcaba los cuatro anteriormente citados, de forma que los valores estimados de los coeficientes permitirían determinar qué modelos eran aplicables y cuáles no, en el caso de que alguno de ellos fuera aplicable. Para llevar a cabo el contraste se utilizaron

[213] Aunque Davies no hace alusión a ello, hemos de considerar incluidos los costes irrecuperables de la tecnología antigua.

Universidad de Huelva 2009

datos de la adopción de máquinas herramientas de control numérico por ordenador[214].

Los resultados del estudio parecen confirmar que los modelos epidemiológico y de los efectos de rango tienen cierto respaldo empírico, mientras que los otros dos carecen de él. Esto significa que, puesto que los modelos de los efectos de cantidad y de orden suponen que la adopción de la innovación por una empresa afecta a los rendimientos de las demás empresas a través de los efectos que tiene en el mercado del producto, al menos aparentemente no existe un impacto considerable de este tipo a través del mercado de productos. Por otro lado, el apoyo empírico a los modelos epidemiológicos y de rango indica que, esencialmente, las empresas adoptan las innovaciones en momentos distintos bien porque tienen distinto grado de acceso a la información, bien porque son heterogéneas.

Cuando comparamos los modelos logit con los probit, concluimos con Geroski que los primeros, al centrarse en la explicación del porcentaje de empresas que han adoptado una innovación en un momento dado del tiempo, están indicados en aquellos casos en los que el interés del estudio estriba en la explicación del impacto gradual que una innovación tiene en los mercados, siendo la magnitud del impacto dependiente, al menos en sus primeras etapas, del uso agregado de la innovación y no de las características individuales de las empresas que la adoptan. Este tipo de análisis está muy indicado para aquellas tecnologías cuyo uso y difusión

[214] M. KARSENAS y P. STONEMAN, 1991, "Epidemic, Rank, Stock and Order Effects in the Diffusion of New Process Technology", University of Warwick, mimeo. Un resumen de las conclusiones de este trabajo aparece en STONEMAN (1994), p. 203.

Universidad de Huelva 2009

depende de forma crucial de la existencia de externalidades de red[215]. Por el contrario, los modelos probit resultan más útiles para en la explicación de los diferentes procesos de difusión y el análisis de cómo dependen y se ven afectados por las decisiones racionales individuales, en función de las características propias de cada empresa y de la distribución de estas características en el conjunto de la población.

Sin embargo, los modelos probit son menos transparentes a la hora de describir fenómenos que ocurren entre los individuos. Así, el incremento gradual de la información disponible (o lo que es lo mismo, la reducción del riesgo percibido respecto a la adopción de la nueva tecnología) para los usuarios potenciales viene determinado de forma exógena en los modelos probit, mientras que en los modelos logit se determina endógenamente.

La cuestión crucial para decantarse por uno u otro modelo es hasta qué punto la difusión de la tecnología es un proceso subaditivo o no. En la medida en que todo lo que representa el proceso completo de difusión sea algo más que la simple suma de las partes que representan el porcentaje de empresas adoptantes, la utilización de un método probit que explique la difusión a través de las diferencias (aparentemente determinadas de forma exógena) entre las características individuales de las empresas, puede parecer un tanto insatisfactorio. No obstante es fácil encontrar equivalencias entre los modelos logit y probit, más aún si tenemos en cuenta la posibilidad de utilizar los modelos logit en poblaciones

[215] Pensemos por ejemplo en la difusión de los distintos sistemas de video, los ordenadores personales o en los paquetes informáticos más usuales.

Universidad de Huelva 2009

heterogéneas y que el nivel de utilización de la innovación puede diferir de unas empresas a otras[216].

Por último, queremos señalar una cuestión que no queda resuelta por ninguno de los modelos, que explican la trayectoria temporal de la difusión de aquellas innovaciones que efectivamente acaban difundiéndose, pero no consideran aquellas otras cuya difusión es abortada, ni aportan explicaciones para este fenómeno. Para arrojar luz sobre estos aspectos es muy útil considerar la existencia de *cascadas de información*, fenómeno que se da cuando para un individuo es una decisión óptima, habiendo observado las acciones de quienes han decidido antes que él, seguir el comportamiento de quienes le han precedido sin prestar atención a la información de que dispone[217].

Por lo general, cuando aparece una innovación en el mercado suele hacerlo mediante más de una variante que compiten entre sí y con las tecnologías existentes. En este contexto, no existe información suficiente sobre cuál de las variantes de la nueva tecnología es mejor que las demás y sobre cuáles de ellas son mejores que las tecnologías disponibles, si sólo una de las variantes supera las tecnologías antiguas o si por el contrario todas las variantes son mejores. Bajo estas circunstancias, las decisiones

---

[216] Para una discusión más detallada de estos aspectos véase GEROSKI (2000), quien mantiene que la elección relevante es la elección del modelo de población adecuado, no del modelo de difusión.

[217] "...it is optimal for an individual, having observed the actions of those ahead of him, to follow the behaviour of the preceding individual without regard to his own information". BIKHCHAANDANI, HIRSSCHLEIFER y WELCH (1992), p. 994; véase la obra entera junto con la de los mismos autores de 1998 para un análisis más detallado de las cascadas de información. En ARTHUR (1989) y ARTHUR, ERMOLIEV y KANIOVSKI (1987) se analizan modelos de elección tecnológica en presencia de cascadas de información.

Universidad de Huelva 2009

tomadas por los primeros adoptantes (elección de una de las variantes disponibles) van a ser cruciales para el proceso de difusión de la nueva tecnología.

Así, como resultado de las primeras adopciones, se generará una información en el mercado que hará aumentar la información disponible sobre la variante elegida por estos innovadores, mientras que se mantendrá la incertidumbre inicial sobre las demás variantes, sean cuales sean los motivos que han llevado a elegir una variante y no otra. Los posteriores adoptantes considerarán cada vez menos rentable gastar en búsqueda de información sobre las variantes no elegidas, habida cuenta de la información generada de forma creciente sobre la variante inicialmente elegida, en especial si se comprueba que esta variante es mejor que la tecnología antigua[218], y será por tanto preferible adoptar la misma variante que ya han adoptado los innovadores, desechando las demás.

Se produce así un efecto de información en cascada que favorece la difusión de una de las variantes y dificulta la de las demás, todo ello como resultado de las decisiones inicialmente tomadas por los primeros adoptantes en función de una información incompleta sobre cuál de las variantes disponibles era la mejor. Estos efectos son más intensos cuando aparecen externalidades de red, puesto que a partir de cierto nivel crítico de difusión de una de las variantes, ésta se hace más atractiva para quienes todavía no han adoptado la nueva tecnología, independientemente de las

[218] Puesto que no todas las variantes tienen por qué superar la tecnología existente, se corre un riesgo considerable al invertir (soportar los costes de adquisición) para obtener información sobre cualquier otra variante una vez que se está generando una información por los primeros adoptantes que es de dominio público y confirma que la variante inicialmente elegida supera la tecnología antigua.

Universidad de Huelva 2009

características y de las propiedades intrínsecas de cada una de las variantes[219]. Es decir, en presencia de un fenómeno de información en cascada junto con externalidades de red, las diferencias técnicas entre las variantes de una nueva tecnología se convierten en un criterio marginal a la hora de decidir entre ellas.

Así, podemos decir que en el proceso de difusión de una innovación, en presencia de un fenómeno de información en cascada, pueden distinguirse tres fases: una primera, en la que tiene lugar la elección inicial entre las diferentes variantes de la misma; una segunda, en la que se consolida esta variante y una última etapa, en la que se generaliza su uso a través de un proceso de imitación[220]. Una de las principales implicaciones de la existencia de información en cascada es que las elecciones que tienen lugar en las etapas iniciales del proceso de difusión tienen una extraordinaria influencia en el conjunto de todo el proceso, lo que justifica que prestemos cierta atención a las circunstancias en que dichas elecciones se producen.

En primer lugar, debemos considerar que las distintas variantes aparecen relativamente próximas en el tiempo, pero no de forma simultánea. Esto puede motivar que los innovadores no esperen a la aparición de una variante alternativa, lo que acabaría otorgando una ventaja a la primera en aparecer en el mercado. Por otro lado, resulta determinante la estrategia de los proveedores de la nueva tecnología, quienes pueden

[219] Para un estudio más detallado sobre los efectos de las externalidades de red sobre la difusión de una tecnología o de una variante concreta véanse los trabajos de FARELL y SALONER (1986), CABRAL (1990) Y CHOI (1997), entre otros.

[220] GEROSKI (2000) llama a estas tres fases, respectivamente, initial choice, lock–in y bandwagon.

Universidad de Huelva 2009

desarrollarla en colaboración con un usuario relevante, que generase un notable efecto demostración o una poderosa externalidad de red o incluso ambas. Además, las diferentes políticas de precios de los suministradores de cada una de las variantes pueden decantar la elección por una u otra en las primeras etapas, en función de cuál de ellas consideren los innovadores que es la mejor opción dentro de su restricción de gasto, es decir, haciendo una elección conjunta en función de las características técnicas y del coste de cada variante. Por último, no debemos olvidar la posibilidad de elección por accidente.

Todas estas posibles alternativas, hacen que las primeras etapas del proceso de difusión tengan un carácter fundamentalmente estocástico, mientras que las etapas posteriores son mucho más determinísticas. Esta dualidad resulta mucho más plausible en aquellos mercados en los que existe una gran cantidad de empresas que ante la aparición de una nueva tecnología esperan hasta ver las decisiones de otras y aprender en función de los resultados que éstas obtienen como consecuencia de su decisión. Este último aspecto entronca con los llamados procesos de aprendizaje social[221], cuyo resultado es una trayectoria de difusión en forma de S, como en el resto de modelos.

[221] En VETTAS (1998) y KAPUR (1995) encontramos un análisis reciente de estos aspectos. También pueden verse JOVANOVIC y MACDONALD (1994) y JOVANOVIC y LACH (1989), entre otros.

Universidad de Huelva 2009

3.4. UNA APROXIMACIÓN MACROECONÓMICA. MEDICIÓN DE LA DIFUSIÓN A TRAVÉS DE LOS FLUJOS INTERINDUSTRIALES.

Los modelos que acabamos de presentar en los apartados anteriores son de carácter microeconómico y se centran en la difusión de una innovación concreta, dentro de una empresa o entre el conjunto de empresas que componen una determinada población o sector. Sin embargo, en cualquier economía, el progreso técnico, como consecuencia de la introducción de innovaciones y de mejoras de las tecnologías existentes y en el conocimiento, es un proceso continuo. Así, es de esperar que en un determinado momento nos encontremos con un espectro relativamente amplio de tecnologías unas más avanzadas que otras (de diferentes "cosechas"), que existen y trabajan simultáneamente.

Por otro lado, podemos considerar que la actividad productiva consiste en la combinación y transformación de inputs de diversa índole, en las condiciones permitidas por la tecnología disponible, para obtener un conjunto de productos finales, que podrán ser consumidos directamente (bienes de consumo final) o podrán ser a su vez bienes de consumo intermedio para otras unidades productivas, o bien destinarse a la exportación o a la formación de capital. Así, en todo proceso productivo pueden distinguirse los inputs y la tecnología como sus dos elementos fundamentales, siendo la obtención de productos finales su objetivo último. Aunque a efectos de contabilidad nacional para el cálculo del resultado neto de la actividad productiva los inputs intermedios deben dejarse al margen para evitar duplicidades en la contabilización, desde el punto de vista de las características de la técnica productiva del sistema económico,

Universidad de Huelva 2009

adquieren una importancia crucial. Esta importancia se deriva del hecho de que el cambio tecnológico no sólo se manifiesta a través de los resultados netos de la actividad productiva (outputs finales de bienes y servicios), sino también por medio de los cambios en la estructura y cuantía en que son utilizados los inputs intermedios para obtener dichos productos finales[222].

En estas circunstancias, el análisis Input–Output, a pesar de las limitaciones derivadas de la disponibilidad de datos, puede suministrarnos una primera noción de los aspectos tecnológicos del sistema productivo a partir de los coeficientes técnicos de los inputs intermedios y del valor añadido de los inputs primarios, de forma que los cambios en el tiempo de estos coeficientes nos proporcionan evidencia de cambios en las funciones de producción y por tanto cambios tecnológicos, entre otros determinantes[223].

Como ya hemos dicho, la difusión de la tecnología constituye una de las fuentes de innovación, junto con la generación propia de tecnología. Esta difusión puede entenderse como la generalización de un determinado bien en el que se materializa la innovación, o bien como la generalización del uso de la maquinaria o el bien de capital que incorpora la innovación. Pero ésta no es la única vía de difusión. En la medida en que una empresa utilice en su proceso productivo, como inputs o bienes intermedios, los

---

[222] FANJUL *et al.* (1975), pp. 9–10.

[223] FONTELA y PULIDO (1991), pp. 139–140. No olvidemos que VACCARA (1970) indicaba que los cambios en la matriz de coeficientes técnicos, derivados de los datos de las tablas Input–Output pueden venir motivados por diferentes factores, entre los que estudiaba: cambios en la composición de productos finales, variación en el grado de utilización de la capacidad productiva, modificación de las convenciones estadísticas, cambios en los gustos de los consumidores, cambios en los precios relativos e innovación tecnológica.

Universidad de Huelva 2009

productos de otra que han sido obtenidos y/o producidos gracias a una innovación, esta empresa estará difundiendo, indirectamente, la innovación más allá del sector en que tiene lugar. Se llega así a la difusión, directa e indirecta, al conjunto de la economía. Es decir, una empresa no consume sólo su propia I+D, sino también la incorporada en los diferentes inputs intermedios que utiliza en su proceso productivo.

La utilización del análisis Input–Output nos permite, a partir de los inputs directos de I+D contenidos en la producción de cada sector, calcular los inputs indirectos de I+D incorporados en la producción de cualquier industria a través de los inputs directos de I+D incorporados en los inputs intermedios que emplean para obtener su producción. Esto significa que podemos construir una matriz de relaciones intersectoriales de gastos en I+D, que relacionada con la demanda final nos permitiría determinar los requerimientos de gastos en I+D para satisfacer dicha demanda final.

Desarrollamos a continuación dos enfoques que se complementan. En primer lugar, los requerimientos de inputs intermedios nos van a dar una idea de la cantidad y composición de bienes intermedios necesarios para satisfacer la demanda de bienes de consumo final en diversos momentos del tiempo, distinguiendo en los cambios que ellos se produzcan, los efectos de cambios en la estructura tecnológica del sistema productivo de aquellos debidos a modificaciones en la estructura y volumen de la demanda final. En segundo término, los flujos de I+D que nos permitirán conocer en qué grado una industria asimila los resultados de los esfuerzos innovadores realizados por sus proveedores.

Universidad de Huelva 2009

3.4.1. Los requerimientos de inputs intermedios.

Del estudio de las matrices de coeficientes técnicos es posible extraer, a pesar de las limitaciones de disponibilidad de datos estadísticos, una serie de conclusiones que pueden resumirse como sigue[224]:

1. En los países industrializados, con una estructura tecnológica completa, los cambios experimentados por los coeficientes técnicos son muy suaves, como resultado de la lentitud con la que las nuevas tecnologías sustituyen a las antiguas.

2. La importancia de cada coeficiente técnico individual es muy diferente, pero son muy pocos los que pueden influir sustancialmente en el output sectorial.

3. Cuando un cambio en los coeficientes técnicos es inducido por un cambio en los precios relativos (que provoca un proceso de sustitución de la estructura de inputs), este cambio se reproduce a lo largo de todas las filas de la tabla Input–Output.

4. En estos casos, los cambios son más rápidos en los sectores con crecimiento más rápido.

Sin embargo, estas conclusiones se derivan del estudio de las matrices de inputs intermedios, prestando escasa atención a los inputs primarios y prácticamente nula a la demanda final, que recoge las decisiones de consumo e inversión, junto con las exportaciones. En realidad, la matriz de

[224] Véase FONTELA y PULIDO (1991), p. 140 para una presentación mas detallada de estas características generales.

Universidad de Huelva 2009

demanda final de una tabla Input–Output refleja el conjunto de los distintos bienes y servicios necesarios para satisfacer una determinada función de consumo[225]. Obviamente, los inputs (intermedios y primarios) que las distintas unidades productivas utilizan quedan incorporados en sus productos, que destinan a aquellos usos finales que indica la matriz de demanda final. Los cambios en los inputs intermedios requeridos para satisfacer la demanda final en distintos momentos del tiempo pueden deberse tanto a los cambios en la propia demanda final como a cambios en la tecnología. El modelo que presentamos a continuación pretende distinguir y medir ambos tipos de cambios.

Al analizar el cambio tecnológico es tradicional distinguir entre innovaciones de proceso y de producto, según afecten, respectivamente, a la actividad productiva o al output de la empresa que las adopta. Dentro del esquema Input–Output debemos matizar esta distinción, puesto que lo que para una empresa o sector es una innovación de producto es un Input intermedio para las empresas o sectores situados por debajo en el proceso productivo y por lo tanto constituyen una innovación de proceso en este caso. Como el resultado último del progreso técnico pretende ser una reducción neta en el coste de oportunidad en inputs primarios de la obtención del output, ya sea mediante una sustitución técnica o bien a través de un ahorro neto real de todos ellos, puede resultar de gran interés estudiar cómo estos fenómenos se reflejan en los requerimientos de bienes intermedios necesarios para satisfacer la demanda final.

[225] "The consumption table is a matrix in which are reported the different goods and services needed to meet a given consumption function". FONTELA y PULIDO (1991), p. 141.

Universidad de Huelva 2009

El efecto del cambio técnico en los requerimientos de inputs intermedios es doble. En primer lugar hay un efecto directo, como resultado de un cambio en la composición de los requerimientos de inputs intermedios de los diferentes sectores para obtener su producto final con la nueva técnica, lo que en última instancia acabará modificando las cantidades de inputs primarios incorporadas por unidad de producto o demanda final. Junto a él, un efecto indirecto, como resultado de la incorporación de los efectos directos existentes en los sectores suministradores de inputs intermedios, con los subsiguientes efectos sobre los requerimientos de inputs primarios.

Una razón adicional que justifica la importancia significativa del estudio de los cambios en la composición de los requerimientos de inputs intermedios tiene mucho que ver con el análisis neoclásico del cambio técnico[226]. Más concretamente, tiene que ver con la distinción entre sustitución de inputs (movimiento a lo largo de una función de producción existente) motivada por cambios en los precios relativos (salario real y tipo de interés) y cambio técnico (desplazamiento de la función de producción) como resultado de una ampliación de la gama de técnicas productivas disponibles. Esta distinción sólo es posible en la realidad si se cumplen todas las restricciones sobre neutralidad del cambio técnico[227], lo que supone la invalidez del análisis neoclásico agregado del cambio técnico y hace al mismo tiempo más necesario el estudio de los requerimientos de

[226] FANJUL *et al.* (1975), pp. 23–24.

[227] Para un estudio más detallado de la necesidad de neutralidad para garantizar la posibilidad de distinción entre sustitución y cambio técnico véase SEGURA (1969), en especial los capítulos 6 y 7 y la bibliografía allí reseñada.

Universidad de Huelva 2009

inputs intermedios para medir y, especialmente, para detectar el proceso de transmisión interindustrial del cambio técnico.

a) El cálculo de los requerimientos de inputs intermedios.

En el marco del modelo Input–Output más simple de Leontief (sin distinguir entre las transacciones correspondientes a la producción nacional y las importaciones), las relaciones entre sectores productivos quedan definidas por filas según la expresión[228]:

$$\begin{aligned} y_1 &= y_{11} + y_{12} + \cdots + y_{1n} + z_1 \\ y_2 &= y_{21} + y_{22} + \cdots + y_{2n} + z_2 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ y_n &= y_{n1} + y_{n2} + \cdots + y_{nn} + z_n \end{aligned}$$

o en forma matricial desarrollada:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix}$$

que puede escribirse de forma resumida como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Y}\,\mathbf{i} + \mathbf{z}$$

En las anteriores expresiones, y_i representa la producción del sector i, y_{ij} son las ventas de bienes y servicios intermedios del sector i al sector j,

[228] Véase PULIDO y FONTELA (1993) para un estudio detallado del análisis Input–Output y sus aplicaciones básicas.

Universidad de Huelva 2009

z_i es la demanda final dirigida al sector i, mientras que en la notación matricial resumida, hemos optado por representar matrices y vectores en negrita, las primeras en mayúscula y los segundos en minúscula, definiendo siempre los vectores como columnas y utilizando la letra i en minúscula para el vector unitario y en mayúscula para la matriz unidad. Si además notamos como g_i el valor añadido del sector i, tenemos que la función de producción de cualquier sector puede representarse como:

$$x_j = f_j(x_{1j}, x_{2j}, \cdots, x_{nj}; g_j)$$

La tecnología empleada en cada momento del tiempo define las relaciones entre inputs intermedios y output total, que en la terminología Input–Output conocemos como coeficientes técnicos, definidos por la expresión:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$$

A partir de esta expresión es fácil reformular las relaciones funcionales y matriciales anteriores como:

$$\begin{aligned} y_1 &= a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \cdots + a_{1n}y_n + z_1 \\ y_2 &= a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \cdots + a_{2n}y_n + z_2 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ y_n &= a_{n1}y_1 + a_{n2}y_2 + \cdots + a_{nn}y_n + z_n \end{aligned}$$

que en forma matricial desarrollada nos queda:

Universidad de Huelva 2009

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix}$$

y en forma resumida, siendo **A** la matriz de coeficientes técnicos, tenemos:

$$\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{y} + \mathbf{z}$$

Así llegamos a la expresión habitual del modelo simplificado de Leontief, cuya expresión es:

$$\mathbf{y} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{z}$$

en la que la matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ es conocida como matriz inversa de Leontief.

En este marco de análisis, llamando **q** al vector columna de flujos de outputs interindustriales de cada sector (hacia los demás y hacia el propio sector, para los que serán inputs intermedios), podemos calcularlo por diferencia entre la producción sectorial y la demanda final dirigida al sector, es decir[229]:

$$\mathbf{q} \equiv \mathbf{y} - \mathbf{z} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{z} - \mathbf{z}$$

Si contamos con dos tablas Input–Output (expresada la demanda final en pesetas constantes) correspondientes a dos momentos del tiempo (t1 y t2) y utilizamos subíndices para hacer referencia al período del tiempo,

[229] La definición y cálculo de los requerimientos de inputs intermedios se basa en gran parte en el libro seminal de CARTER (1970), así como en su artículo de 1967.

Universidad de Huelva 2009

tendremos que los respectivos requerimientos de inputs intermedios vendrán dados por las expresiones:

$$\mathbf{q}_{t1} \equiv \mathbf{y}_{t1} - \mathbf{z}_{t1} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})_{t1}^{-1}\mathbf{z}_{t1} - \mathbf{z}_{t1}$$
$$\mathbf{q}_{t2} \equiv \mathbf{y}_{t2} - \mathbf{z}_{t2} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})_{t2}^{-1}\mathbf{z}_{t2} - \mathbf{z}_{t2}$$

Los cambios en los requerimientos de inputs intermedios (flujos interindustriales agregados de input intermedios), reflejados por la diferencia $\mathbf{q}_{t2} - \mathbf{q}_{t1}$ pueden deberse a dos causas fundamentales: cambios en la estructura (composición) y/o el volumen de la demanda final a satisfacer por la economía, o bien a cambios en la estructura de la industria, que reflejan los cambios en la tecnología de producción y quedan recogidos en la tabla de flujos intersectoriales y por tanto en la matriz de coeficientes técnicos.

El primer efecto hace referencia al hecho de que si cambian las cantidades que se demandan para uso final de los bienes producidos por cada sector, pero no lo hacen de forma proporcional para todos los sectores, esto hará que cambien los requerimientos de inputs intermedios, incluso en ausencia de cambio técnico. El segundo de los efectos, destaca que cualquier cambio en la estructura de la industria (materializado en cambios en la matriz inversa de Leontieff) motivará cambios en los requerimientos de inputs intermedios, aún cuando se mantuviese constante la demanda final.

Como por lo general es de esperar que los cambios se deban a ambas causas, debemos desarrollar un modelo que nos permita distinguir qué parte de un cambio completo en los requerimientos de inputs intermedios se debe

Universidad de Huelva 2009

a cada causa, cuyo interés deriva de que sólo los debidos a cambios en la estructura de la industria constituyen cambio o progreso técnico en sentido estricto[230].

El mecanismo que vamos a utilizar consiste en calcular los requerimientos de inputs intermedios para cada momento del tiempo, dejando que varíen las matrices inversas de Leontieff (lo que permite que cambie la técnica del sistema productivo, reflejada en la matriz de coeficientes técnicos), pero manteniendo constante el vector de demanda final del último período[231]. Podemos representarlo como:

$$\mathbf{q}_{t1,t2} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})_{t1}^{-1}\mathbf{z}_{t2} - \mathbf{z}_{t2}$$

La variación de los requerimientos de inputs intermedios puede entonces descomponerse de la forma siguiente, donde el primer paréntesis refleja las variaciones debidas a cambios en la estructura técnica del sistema productivo, mientras que el segundo refleja las variaciones debidas a cambios en la estructura y volumen de la demanda final:

$$\mathbf{q}_{t2} - \mathbf{q}_{t1} = (\mathbf{q}_{t2} - \mathbf{q}_{t1,t2}) + (\mathbf{q}_{t1,t2} - \mathbf{q}_{t1})$$

---

[230] FANJUL *et al.* (1975), p. 26.

[231] Aunque, en principio, podría mantenerse cualquiera de las dos demandas finales constante, justificamos nuestra elección en que de esta forma es posible comparar la situación presente con la que existiría en las actuales condiciones de demanda final, si se hubiese mantenido la estructura técnica del período anterior, al tiempo que permite también comparar la situación inicial con la que habría si sólo hubiese cambiado la demanda final.

Universidad de Huelva 2009

b) La distinción entre producción nacional e importaciones.

Al abandonar el sencillo modelo que acabamos de exponer para adentrarnos en uno más realista en el que los inputs intermedios incorporados por los distintos sectores en sus respectivos procesos productivos proceden en parte de la producción interior, siendo el resto importados, nos encontramos con dos problemas a la hora de llevar a cabo los cálculos necesarios en el modelo. En primer lugar, hemos de decidir si en los coeficientes técnicos debemos incluir o no las importaciones de inputs intermedios, en función de cuáles sean las relaciones entre las importaciones y la producción nacional. Por otro lado, debemos decidir si incluirlos o no en la matriz de flujos interindustriales para calcular los requerimientos de inputs intermedios y la descomposición de su variación entre variaciones de la demanda final y cambios en la estructura técnica.

La inclusión o no de las importaciones en el cálculo de los coeficientes técnicos está relacionada con el carácter sustitutivo o complementario de éstas, debiéndose incluir sólo aquellas que sean sustitutivas y dejando las complementarias para su incorporación dentro del vector de valor añadido. Sin embargo, a los niveles de desagregación con los que trabajamos en las tablas Input–Output difícilmente pueden considerarse las importaciones procedentes de un sector como estrictamente complementarias, puesto que la distinción entre sustituibilidad o complementariedad de las importaciones es una cuestión de grado[232], por lo que su tratamiento adecuado consiste en incluirlas en el

[232] FANJUL *et al* (1975), p. 29.

Universidad de Huelva 2009

cálculo de los coeficientes técnicos[233], lo que conlleva modificar oportunamente los cálculos necesarios para determinar los requerimientos de inputs intermedios.

Puesto que al incluir las importaciones en los coeficientes técnicos estamos determinando los requerimientos de inputs intermedios totales, sin distinguir entre los producidos en el interior y los importados, estaríamos considerando que toda la producción es interior, es decir, que se habría producido un proceso de sustitución completa de las importaciones. Para corregir este hecho, debemos incluir las importaciones en el modelo (con signo negativo), con el objetivo de determinar la producción interior. Es decir, debemos restar, de las necesidades directas e indirectas de bienes intermedios para producir, las importaciones que se han hecho efectivas en la realidad.

Siendo **m** el vector de importaciones de bienes intermedios dirigidas a cada sector, podemos expresar el modelo de Leontief en su forma matricial resumida como sigue:

$$\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{y} - \mathbf{m} + \mathbf{z}$$

lo que con las correspondientes transformaciones nos queda:

---

[233] Esto significa que, ante la complejidad de intentar estimar una matriz de importaciones que permitiese determinar la proporción de las importaciones de cada sector que son complementarias a la producción interior, hemos optado por considerar todas las importaciones potencialmente sustitutivas de la producción nacional, lo que constituye una simplificación dentro del modelo. Así, consideramos que las importaciones son independientes del nivel de producción nacional, aunque están relacionadas con el volumen y la estructura de la demanda final, que es el elemento determinante de la utilización de la tecnología disponible en cada periodo.

Acerca de las limitaciones de este criterio, véase HELEIS (1963).

Universidad de Huelva 2009

$$\mathbf{y} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{z} - \mathbf{m})$$

realizándose el cálculo de los requerimientos de inputs intermedios según la expresión, en la que sumamos las importaciones de bienes intermedios, puesto que son necesarias para atender el nivel alcanzado por la demanda final de los distintos sectores en cada período:

$$\mathbf{q}_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A})_t^{-1}(\mathbf{z}_t - \mathbf{m}_t) - (\mathbf{z}_t - \mathbf{m}_t)$$

y el vector de requerimientos intermedios con demanda constante, para distinguir entre los cambios debidos a la demanda final de aquellos motivados por el cambio técnico lo obtenemos a partir de:

$$\mathbf{q}_{t1t2} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})_{t1}^{-1}(\mathbf{z}_{t2} - \mathbf{m}_{t2}) - (\mathbf{z}_{t2} - \mathbf{m}_{t2})$$

Mantener el vector de importaciones fijo (junto con el de demanda final) y aplicarlo a distintas tecnologías, permite un análisis más completo de los efectos que ha tenido el cambio técnico, pues incluye tanto las mayores necesidades de inputs intermedios resultado de la sustitución de importaciones como el ahorro debido a una mayor diversificación internacional de los productos.

Una vez analizadas las variaciones en los requerimientos de inputs intermedios de forma agregada a través de las necesidades totales de inputs intermedios de cada uno de los sectores productivos para satisfacer la demanda final neta (una vez descontadas las importaciones de bienes intermedios), resulta interesante también descomponer estas variaciones para determinar las necesidades de inputs intermedios para satisfacer los distintos componentes de la demanda final (subvectores de la demanda

Universidad de Huelva 2009

final), de forma que podamos determinar cuál ha sido el efecto del cambio en las técnicas disponibles sobre la producción de los diferentes tipos de bienes[234].

Para alcanzar este objetivo debemos descomponer la ecuación en la que determinamos los requerimientos de inputs intermedios de forma que obtengamos una matriz en vez de un vector. Esta descomposición exige, en primer lugar, transformar el vector de demanda final en una matriz diagonal para descomponer los requerimientos necesarios para satisfacer la demanda final entre los distintos sectores. Sin embargo, con las importaciones no basta con transformar el vector de importaciones totales de bienes intermedios en una matriz diagonal, puesto que ello supondría considerar que cada sector incorpora todas las importaciones dirigidas a los productores extranjeros de dicho sector, mientras que no incorpora importaciones de ningún otro sector. Por este motivo, debemos sustituir el vector de importaciones intermedias totales por la matriz de importaciones intermedias extraída de las tablas Input–Output.

Así, para obtener las necesidades totales de bienes y servicios intermedios, descompuestas en una matriz, debemos utilizar la siguiente expresión, en la que $\mathbf{Q}_t$ es la matriz de requerimientos de bienes intermedios, $\hat{\mathbf{z}}_t$ es la transformación en una matriz diagonal del vector de demanda final correspondiente al momento t y $\mathbf{M}_t$ es la matriz de importaciones de inputs intermedios correspondiente al mismo período[235]:

---

[234] FANJUL *et al.* (1975), p. 33.

[235] Nótese que en la matriz $(\hat{\mathbf{z}}_t - \mathbf{M}_t)$ si sumamos por filas obtenemos la demanda final de

Universidad de Huelva 2009

$$\mathbf{Q}_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A})_t^{-1}(\hat{\mathbf{z}}_t - \mathbf{M}_t) - (\hat{\mathbf{z}}_t - \mathbf{M}_t)$$

De forma semejante, la matriz de requerimientos con demanda final e importaciones constantes se calcula a partir de:

$$\mathbf{Q}_{t1,t2} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})_{t1}^{-1}(\hat{\mathbf{z}}_{t2} - \mathbf{M}_{t2}) - (\hat{\mathbf{z}}_{t2} - \mathbf{M}_{t2})$$

La variación en los requerimientos entre dos periodos puede deberse, bien a cambios en la estructura tecnológica del sistema productivo, bien a cambios en la demanda final, tanto en estructura como en volumen. Con el paso del tiempo y el aumento en el volumen de la demanda final, es de esperar un mayor requerimiento de bienes intermedios, si bien los cambios en la estructura de dicha demanda final harán que el incremento global no se reparta uniformemente entre los diferentes sectores productivos.

Sin embargo, los cambios en la estructura tecnológica del sistema productivo (reflejados en la matriz de coeficientes técnicos, A, y por tanto en $(I - A)^{-1}$, la inversa de Leontief) pueden generar tanto un aumento como una reducción en los requerimientos de bienes intermedios. Un aumento en los requerimientos por motivos técnicos mejora la cohesión e interconexión del sistema productivo en su conjunto y facilita así la difusión generalizada de las innovaciones producidas en cualquier sector; una disminución generaría justo los efectos contrarios.

Para medir tanto las variaciones totales como las debidas a cambios en la demanda final y a cambios en la estructura tecnológica del sistema

cada sector neta de importaciones, mientras que si sumamos por columnas obtenemos la demanda final de cada sector menos las importaciones de los diferentes sectores, necesarias para obtener el output de dicho sector.

Universidad de Huelva 2009

productivo, recurriremos a una expresión semejante a la que ya hemos utilizado en la notación vectorial. En ella, el primer miembro de la igualdad representa las variaciones totales de los requerimientos de inputs intermedios y, en el segundo miembro, el primer paréntesis representa las variaciones producidas por cambios en la estructura tecnológica del sistema productivo, mientras que el segundo paréntesis representa las debidas a cambios en la demanda final:

$$Q_{t2} - Q_{t1} = (Q_{t2} - Q_{t1,t2}) + (Q_{t1,t2} - Q_{t1})$$

3.4.2. Los flujos de gastos en I+D.

Siguiendo la línea presentada en el epígrafe que acabamos de concluir, podemos considerar que las relaciones técnico–económicas entre los distintos sectores constituyen uno de los elementos claves, tanto en la determinación de la estructura de los sistemas tecnológicos de los distintos países y regiones, como para la evaluación y explicación de los cambios estructurales que suceden a lo largo del tiempo. Es decir, la actividad innovadora llevada a cabo por una empresa o un sector tendrá no sólo efectos directos sobre dicha empresa o sector, sino también efectos indirectos sobre las demás empresas y sectores a través de los flujos intersectoriales de bienes y servicios que, al incorporar los resultados de la mencionada actividad innovadora, difunden dichos resultados al conjunto de la economía.

Pretendemos, por tanto, construir una matriz de flujos de innovación incorporados en los flujos de producción total necesarios para abastecer la demanda final de la economía, que constituyen el análisis más consistente

Universidad de Huelva 2009

con la noción de sistema tecnológico[236]. Esta matriz, a la que llamamos **F**, se construye a partir de la ecuación, derivada del que llamaremos modelo de Marengo–Sterlacchini[237]:

$$\mathbf{F} = \hat{\mathbf{r}}(\hat{\mathbf{x}})^{-1}\mathbf{B}\hat{\mathbf{d}}$$

donde $\hat{\mathbf{r}}$, $\hat{\mathbf{x}}$ y $\hat{\mathbf{d}}$ son las matrices diagonales resultantes de transformar, respectivamente, los vectores de innovación generada por cada sector, producción sectorial y demanda final, mientras que **B** es la matriz inversa de Leontief.

En el capítulo precedente hemos puesto de manifiesto las dificultades existentes para cuantificar la actividad innovadora de las empresas y sectores productivos, por lo que se hace necesario utilizar una variable *proxy* para estimar la ecuación y poder realizar análisis empíricos. Como también hemos estudiado en el mencionado capítulo, los gastos en I+D y las patentes constituyen los indicadores más usados como medidas, respectivamente, del input y el output de la actividad innovadora. Más específicamente son indicadores de los incentivos que las empresas tienen para invertir en innovación, dadas las expectativas que tienen sobre sus oportunidades de mercado (gastos en I+D) y de la eficiencia de dichas inversiones (patentes) a través de la traducción de la simple actividad

---

[236] "...the analysis of innovation flows embodied into total production flows activated by the final demand is the most consistent with the notion of TS [Technological System] we consider". LEONCINI Y MONTRESOR (1999), p. 18.

[237] Fueron MARENGO y STERLACCHINI (1990) quienes desarrollaron el modelo de flujos tecnológicos intersectoriales y LEONCINI, MAGGIONI y MONTRESOR (1996) quienes utilizaron este tipo de análisis para estudiar los sistemas tecnológicos nacionales.

Universidad de Huelva 2009

innovadora en mejoras técnico–económicas concretas[238]. Nosotros, siguiendo el criterio de Marengo–Sterlacchini, vamos a centrar nuestro análisis en la medida de la actividad innovadora a partir de la variable *proxy* que constituyen los gastos en I+D, tanto por la mayor disponibilidad de datos regionalizados de esta variable, como por la dificultad para obtener series de los datos de patentes a nivel regional[239].

Así, el elemento característico de la matriz **F**, f_{ij}, mide la innovación producida (gasto en I+D realizado) por el sector i que queda incorporado en la producción final del sector j.

a) Empuje y dependencia en innovación.

Como indicador de las interrelaciones técnico–económicas entre los diferentes sectores del sistema productivo, podemos considerar la relación de empuje o dependencia innovadora de cada sector respecto a los demás. Los índices de empuje–dependencia identifican el papel jugado por un determinado sector dentro del conjunto de interacciones del sistema productivo en términos de innovación; es decir, fijándonos en los flujos de innovación en vez de en los flujos productivos. También, de forma semejante a los coeficientes de ligazón, podemos distinguir entre los flujos de innovación directos y los flujos totales.

---

[238] Nótese que al hablar de mejora técnico–económica estamos exigiendo no sólo que exista una mejora técnica, sino también que ésta tenga una traducción económica, es decir, que sea comercializable. Por otro lado, no es el objetivo del presente apartado una discusión de las limitaciones de estos indicadores, para lo que nos remitimos al capítulo anterior.

[239] Para una discusión más detallada, véase ACOSTA y CORONADO (1992), en que se estudia la actividad patentadora en Andalucía.

Universidad de Huelva 2009

La primera medida del empuje o la dependencia en innovación de un sector respecto al conjunto de la economía es el que llamaremos *Índice Absoluto de Empuje–Dependencia* (*AED*)[240], que para cada sector lo calculamos como el cociente entre la difusión neta y la adquisición neta de innovación:

$$AED_k = \frac{D_k - I_k}{A_k - I_k} = \frac{\sum_j f_{kj} - f_{kk}}{\sum_i f_{ik} - f_{kk}}$$

donde D_k y A_k son, respectivamente, la suma por filas (difusión de la actividad innovadora al conjunto de la economía) y la suma por columnas (adquisición de tecnología) de la matriz de flujos de innovación e I_k es el elemento de la diagonal principal de dicha matriz (incorporación de la actividad tecnológica por el propio sector), todos para el sector k.

Los valores que puede tomar este índice están comprendidos entre 0 e ∞ y el valor crítico está fijado en la unidad. Así, si para un sector el AED es mayor que uno, esto significa que sus difusiones netas de innovación son mayores que sus adquisiciones netas, por lo que afirmamos que dicho sector tiene capacidad de empuje innovador; es decir, "induce" a los demás sectores a realizar innovaciones en sus productos finales (incorporar gastos en I+D en este caso) a través de los productos intermedios que les suministra. Por el contrario, si el AED estuviese comprendido entre 0 y 1 las adquisiciones netas de innovación serían mayores que las difusiones netas, por lo que en este caso consideraremos al sector como dependiente en innovación de los demás sectores; es decir, la capacidad para innovar de

[240] Este índice es el que MARENGO y STERLACCHINI (1990) denominan *Absolute Index of pervesiveness dependency* o *APD*.

Universidad de Huelva 2009

este sector depende de la innovación incorporada por los inputs intermedios que adquiere de los demás sectores.

Como quiera que el valor del AED no tiene límite superior, Leoncini y Montresor[241] proponen su normalización para que tome valores dentro del intervalo (−1, 1) de forma que el signo nos indique si el sector tiene capacidad de empuje (positivo) o por el contrario es dependiente (negativo) en innovación, mientras que cuanto más próximo esté en valor absoluto a 1 mayor será la intensidad de la capacidad de empuje o la dependencia. Este indicador normalizado se obtiene a partir del indicador absoluto, según la ecuación:

$$NED_k = \frac{AED_k - 1}{AED_k + 1}$$

b) Análisis del conjunto de interrelaciones técnico–económicas.

Al considerar el conjunto de interrelaciones técnico–económicas estamos considerando la economía como un sistema. Esto significa que entendemos que está formada por un conjunto de componentes cuyas relaciones definen un comportamiento global (una especie de "identidad") con características que le son propias y que no pueden derivarse de las características individuales de las diversas unidades o componentes que la constituyen. Por ello, al estudiar el sistema deberemos hacerlo tomando en consideración su peculiar identidad, al tiempo que deberemos analizar cada unidad que lo compone, no de forma aislada, sino en función de las

[241] LEONCINI y MONTRESOR (1999), p. 19.

Universidad de Huelva 2009

relaciones que mantiene con el resto de unidades que componen el sistema económico[242].

En este contexto sistémico, debemos considerar la innovación no como el producto del comportamiento individual de agentes maximizadores del beneficio, sino como resultado de una dinámica particular, determinada tanto en el ámbito sectorial como de forma global en el conjunto de la economía, ya se trate de una región o de un país. Como ya estudiamos en el primer capítulo, la concepción sistémica de la innovación había dado lugar al desarrollo de dos conceptos para abordar su análisis: los Sistemas Nacionales (o Regionales) de Innovación y los Sistemas Tecnológicos. En el presente apartado nos centramos en los segundos.

Para analizar la estructura característica de un sistema tecnológico nacional o regional Leoncini y Montresor proponen la aplicación de las técnicas habituales del análisis de redes a las matrices de flujos intersectoriales de innovación[243]. Además, al objeto de facilitar el análisis, proponen la normalización y "dicotomización"[244] de la matriz de flujos interindustriales de innovación.

---

[242] LEONCINI *et al.* (1996), p. 416.

[243] Encontramos esta propuesta en LEONCINI y MONTRESOR (1999), comunicación presentada a la *EUNIP International Conference* celebrada en Dublín en diciembre de 1999, así como en LEONCINI y MONTRESOR (2000), un trabajo que realizaron con anterioridad pero que fue publicado en el Vol. 14 de la *International Review of Applied Economics*.

[244] Expresión que utilizan para referirse a la transformación de los elementos de la matriz en 1 ó 0 *según cumplan o no determinados criterios*.

Universidad de Huelva 2009

La normalización se hace mediante la transformación de la matriz de flujos intersectoriales (**F**) de innovación en una matriz de adquisiciones relativas intersectoriales de innovación ($\mathbf{F}^*$), según la ecuación:

$$\mathbf{F}^* = \mathbf{F}(\hat{\mathbf{f}})^{-1}$$

dónde $\hat{\mathbf{f}}$ es la matriz diagonal resultante de transformar el vector de adquisiciones sectoriales totales de innovación (suma por columnas de la matriz **F**).

La dicotomización consiste en una transformación binaria, realizada comparando los valores de los elementos de la matriz normalizada de flujos intersectoriales de innovación con un valor crítico. De esta forma se consigue reducir dichos valores a 0 ó 1 según las siguientes relaciones, en las que f_{ij}^* y f_{ij}^{*d} son los elementos genéricos de la matriz normalizada de flujos de innovaciones ($\mathbf{F}^*$) y de dicha matriz dicotomizada ($\mathbf{F}^{*d}$), respectivamente y t^* es el valor crítico con el que se compara para realizar la transformación binaria:

$$f_{ij}^{*d} = 1 \quad \text{si} \quad f_{ij}^* \geq t^*$$
$$f_{ij}^{*d} = 0 \quad \text{si} \quad f_{ij}^* < t^*$$

Al realizar esta transformación estamos considerando el número de relaciones intersectoriales innovadoras entre cada dos sectores y no su intensidad específica. Así, cuando calculemos el *grado de centralidad emisora* (*GCE*) y el *grado de centralidad receptora* (*GCR*)[245] de cada

[245] Las correspondencias con los términos en Inglés son, respectivamente, *outdegree centrality* e *indegree centrality*.LEONCINI y MONTRESOR (2000).

Universidad de Huelva 2009

sector, estaremos determinando, respectivamente, el número de sectores a los que "innova" o difunde innovación y el número de aquellos otros por los que "es innovado", es decir, de los que recibe innovación. Las ecuaciones para el cálculo de ambos índices son[246]:

$$GCD_k = \sum_j f_{kj}^{*d}$$

$$GCR_k = \sum_i f_{ik}^{*d}$$

Comparando los valores de los grados de centralidad difusora y receptora de cada sector, podremos comprobar si éste realiza un efecto de empuje innovador para el conjunto de la economía o si por el contrario es dependiente en innovación de los demás sectores. En el primer caso el grado de centralidad difusora será mayor que el de centralidad emisora, mientras que encontraremos la relación inversa en sectores dependientes en innovación del resto de la economía.

El valor del grado de centralidad va a depender del número de elementos de la matriz de flujos de innovación, normalizada y dicotomizada, que tomen el valor 1, o lo que es lo mismo, del número de elementos de la matriz de flujos de innovación normalizada cuyo valor supere el valor crítico utilizado para realizar la transformación binaria. Esto significa que el grado de centralidad va a depender de la elección de un valor crítico que no deja de ser un valor arbitrario. Para corregir la dependencia del análisis de una elección arbitraria es posible considerar

[246] De las diversas formulaciones de los grados de centralidad, hemos optado por elegir la que consideramos más simple, que es conocido como "grado de centralidad de Freeman" o, en palabras de SCOTT (1991), "Freeman degree centrality".

Universidad de Huelva 2009

varios valores críticos y calcular los valores de los grados de centralidad para cada uno de ellos. Nosotros seguiremos el criterio de Leoncini y Montresor (1999) y consideraremos los tres siguientes valores críticos:

- Uno referido a la casi totalidad de los inputs, que considera aquellas adquisiciones que superan el 0,1%, lo que supone fijar un valor crítico $t^* = 0{,}001$.

- Otro referido a los flujos medios, que considera las adquisiciones que superan el 0,3%, o lo que es lo mismo, $t^* = 0{,}003$.

- Por último, uno referido exclusivamente a los grandes flujos, que considera las adquisiciones que superan el 0,5%, siendo $t^* = 0{,}005$.

Visto en su conjunto, se trata de un análisis muy específico y detallado del sistema tecnológico. No obstante, su principal utilidad es que permite identificar cuáles son los canales cruciales en el proceso de difusión de la innovación, tanto en la dirección de un sector al resto de la economía, como en la dirección opuesta, del resto de la economía hacia un sector concreto. Además, permite igualmente identificar el papel jugado por cada uno de esos canales en el proceso de difusión y evaluarlo respecto a flujos de innovación de diferente magnitud.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 4. EL SISTEMA CIENCIA TECNOLOGÍA EN ANDALUCÍA

4.1. INTRODUCCIÓN: POLÍTICAS REGIONALES DE I+D.

Como ya hemos puesto de manifiesto en capítulos precedentes, la creciente aceleración de los procesos de innovación tecnológica y su especial intensificación en las últimas dos o tres décadas, están modificando las condiciones generales del desarrollo económico. Quizá uno de los aspectos más llamativos de estas nuevas condiciones haya sido la posibilidad de generar procesos de crecimiento rápido en determinadas regiones, sobre la base de la concentración en dichas áreas de recursos humanos, tecnológicos y de infraestructuras que propicien el despegue económico de ciertas zonas menos avanzadas[1].

Ante esta realidad, las razones esgrimidas para otorgar a las autoridades regionales y locales responsabilidades en los procesos de desarrollo económico son muy variadas. No obstante, creemos que es posible agruparlas en dos grandes líneas. En primer lugar, como consecuencia de las crisis económicas, de raíces fundamentalmente industriales, que sufrieron la mayoría de los países occidentales desde mediados de la década de 1970. Los resultados fueron que algunas regiones se deprimieron como consecuencia de la falta de competitividad y una muy reducida rentabilidad de las industrias y empresas en ellas instaladas. Para

[1] OCDE/OECD (1988), p. 25.

Universidad de Huelva 2009

salir de esta situación, se procuraba sustituir estas industrias y empresas, ya al final de su etapa de madurez, por otras innovadoras, que generasen o utilizasen procesos productivos de alta tecnología y produjesen bienes que incorporasen estas características. Así, se pretendía amortiguar los altos costes de la llamada reconversión industrial al mismo tiempo que aprovechar la tradición y el tejido industrial de las zonas en crisis.

Un segundo aspecto era el de tratar de fomentar el empleo y el crecimiento económico en áreas en las que, aunque no se habían caracterizado por disponer de un sector industrial tradicionalmente fuerte y que por tanto no tenían que sufrir una dura reconversión, eran zonas deprimidas, con altos índices de desempleo y baja tasa de actividad industrial. De este modo, se pretendía que el impulso al desarrollo económico apareciese como consecuencia de la acción conjunta de los poderes locales y regionales, centros universitarios y empresas, por estar más cercanos a los problemas económicos concretos que se pretendía resolver.

En este contexto, la política industrial y tecnológica, que podemos considerar tradicional, estaba orientada principalmente hacia la oferta de incentivos fiscales a las empresas que se instalaban en aquellas zonas señaladas por el Gobierno central como de desarrollo prioritario (por ejemplo los antiguos "Polos de Desarrollo" o las más recientes ZUR (Zonas de Urgente Reindustrialización) en el caso español[2], así como el

[2] Véase VILLAR (1986) para una valoración de las políticas de desarrollo regional en Andalucía, con especial atención a la Gran Área de Expansión Industrial de Andalucía (GAEIA), heredera de los pioneros Polos de Desarrollo. En este trabajo se destaca como llas principales limitaciones se derivaron de la insuficiencia en la dotación de recursos financieros, la carencia de planteamientos sectoriales claros y homogéneos, el excesivo centralismo en las

Universidad de Huelva 2009

ofrecimiento de ayudas a empresas ya instaladas y que se encontraban en dificultades. Estas iniciativas se llevaban a cabo, la mayoría de las veces, de forma lenta y contradictoria y con el fin primordial de remediar, o al menos aminorar, los desequilibrios económicos y sociales existentes dentro de un país. Con este objetivo, el sector público asumía la responsabilidad de la provisión de equipamientos colectivos e infraestructuras técnicas y sociales, utilizando en algunas ocasiones las empresas públicas para llevar a cabo una intervención directa, aunque en la mayoría de los casos la intervención era indirecta, mediante la definición de ayudas y subvenciones de diversa índole y cuantía[3].

Sin embargo, los efectos de las crisis de la segunda mitad de la década de 1970 pusieron de manifiesto que las medidas tradicionales carecían de efectividad, lo que llevó a plantearse su validez ante las nuevas circunstancias y características del acontecer económico. Las inversiones privadas se contraen y se disparan los déficit públicos y el desarrollo de los nuevos sistemas y procesos productivos en la década de 1980 se hace cada vez más rápido, transformando los sectores tradicionales y generando nuevas ramas al tiempo que otras quedaban relegadas a una importancia meramente residual. Los resultados de este nuevo contexto eran un incremento del diferencial entre zonas desarrolladas y deprimidas, lo que acababa generando, por tanto, un problema político, social y económico acuciante y de difícil solución.

---

decisiones (en detrimento de la representación de los intereses regionales) y el gran desequilibrio espacial en la inversión y el empleo, es decir, en la incapacidad de difundir el desarrollo industrial al conjunto de la región.

[3] Puede verse un análisis más detallado en SÁENZ DE BURUAGA (1985).

Universidad de Huelva 2009

Además, progresivamente fueron tomando cuerpo dos ideas conocidas para el desarrollo económico[4]. La primera es que el desarrollo económico (y la creación de bienestar con él logrado) son fenómenos microeconómicos y no macroeconómicos, por lo que el concepto de desarrollo económico regional[5] toma plena validez. Es decir, los problemas que frenan el desarrollo del potencial económico de las regiones sólo pueden resolverse mediante políticas y medidas específicas para cada región, no nacionales. La otra es la necesidad de obtener una "prosperidad autogenerada" en las propias regiones "a través de la creación de nuevas actividades que: a) reemplazan a las actividades que están en declive a causa de cambios en la división nacional o internacional del trabajo, en la tecnología o en los mercados; b) absorben excedentes de recursos, principalmente mano de obra, facilitados o generados por la modernización tecnológica de las actividades que continúan generando riqueza, y c) crean aún mayor riqueza, que es empleada en aumentar los niveles de vida y de calidad de vida".

Bajo estas circunstancias, todas las presiones impulsaban hacia una regionalización de las políticas y actuaciones en materia de desarrollo tecnológico como motor del desarrollo económico. Así, en el seno de los países de la OCDE, mientras son pocos los casos en los que los Gobiernos centrales jugaron un papel exclusivo en la promoción de la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico para alcanzar el desarrollo regional, abundan las iniciativas surgidas de los organismos locales en sus diversas

[4] SWEENEY (1988).

[5] Para SWEENEY (1988), p. 115, una región "consiste en varias localidades que poseen un potencial económico".

Universidad de Huelva 2009

expresiones, ya se trate de gobiernos, instituciones académicas e investigadoras o empresas, como así ha ocurrido, por ejemplo, en Canadá, Bélgica o Estados Unidos[6].

El éxito de este tipo de tendencias hacia la regionalización de la tecnología depende de una serie de factores que deben ser tenidos muy en cuenta, entre los que destacan para el caso español, sin ánimo de ser exhaustivos, los siguientes[7]:

- Consolidación de infraestructuras científicas y técnicas en diversas zonas del país, cambiando la tendencia hacia la concentración de las actividades de I+D iniciada en los años siguientes a la crisis, en contradicción con la estructura autonómica del Estado.

- Financiación regional de las actividades innovadoras, acercando los centros de decisión sobre la concesión de ayudas financieras a los centros innovadores y creando unos nuevos circuitos para el ahorro y la inversión regional.

- Acercamiento de la Universidad a los procesos innovadores de manera semejante al modelo de los países anglosajones y centroeuropeos, de modo que sirva de catalizador de estos fenómenos en el ámbito regional. Así jugaría un papel mucho más amplio que el de mero agente investigador, quedando integrada en los mecanismos que permiten que su natural actividad investigadora y formativa

[6] OCDE/ OECD (1988), pp. 26–27.

[7] SÁENZ DE BURUAGA (1985), pp. 397–399.

Universidad de Huelva 2009

fructifique en resultados concretos o innovaciones aplicadas en el sistema productivo, ya sean de generación propia o bien adaptaciones de otros generados en el exterior.

- Para consolidar el proceso de regionalización de la actividad innovadora es necesario caracterizar cada región o comunidad autónoma, de forma que los planteamientos sobre las actuaciones a llevar a cabo en cada zona sean consistentes con las diferencias y divergencias regionales existentes[8].

De cuanto acabamos de decir, podemos extraer que toda política de regionalización tecnológica debe contar con dos aspectos nítidamente diferenciados, a saber, la constitución de infraestructuras de diversa índole (condiciones sociales, capital humano, infraestructuras físicas y técnicas) en primer lugar y, en segundo, la financiación de las innovaciones[9].

En aquello que se refiere al primer aspecto, es de destacar el papel decisivo que puede jugar la Universidad en la difusión de las innovaciones tecnológicas así como en la planificación de los parques científicos y tecnológicos. Desde esta perspectiva, consustancial al modelo de parques tecnológicos en países como Estados Unidos, Gran Bretaña o Japón, la Universidad es considerada como un agente motor del desarrollo regional, además de cumplir con sus tradicionales funciones de enseñanza e

[8] En SWEENEY (1988) podemos encontrar un estudio más detallado de este último aspecto, así como una interesante clasificación de las regiones en función del doble criterio que representan su potencial empresarial y su potencial innovador.

[9] Para SWEENEY (1988) se trata de crear una cultura técnica y una infraestructura de apoyo, por un lado, y, por otro, la eliminación de barreras para la supervivencia y expansión de la empresa. Dicho de otro modo, se trata por un lado de fomentar el potencial de innovación y el potencial sinérgico en las regiones y, por otro, facilitar la inversión empresarial.

Universidad de Huelva 2009

investigación, lo que significa un cambio profundo tanto en el profesorado universitario como en la flexibilidad de la institución.

Respecto a la financiación, la acción favorable de las entidades financieras de ámbito regional tiene la capacidad de convertirse en un poderoso instrumento de estímulo para la innovación mediante la creación de sociedades de capital–riesgo, así como con el correcto y completo aprovechamiento de las oportunidades que brindan instituciones de ámbito mucho más amplio que la simple región, como por ejemplo, los diversos fondos FEDER, FSE y Fondos de Cohesión recibidos desde la Unión Europea y las ayudas de Banco Europeo de Inversiones, junto con las diversas ayudas nacionales, entre otras.

Cualquier política de desarrollo regional que pretenda disminuir las diferencias y desequilibrios regionales deberá atender a los aspectos que acabamos de señalar para poner en marcha un sistema regional de innovación cuyo énfasis se ponga en las necesidades más diversificadas de los sistemas productivos, contraponiéndose así a la uniformidad de los sistemas nacionales y a la inflexibilidad burocrática de las políticas centralistas. Este proceso de descentralización debe fluir "hacia abajo" hasta llegar a todos los ámbitos, es decir, debe evitarse que se convierta en una descentralización centralizada, que no haría sino generar continuos problemas competenciales.

Pero por otro lado, este fenómeno de regionalización de las políticas de investigación científica y desarrollo tecnológico, pronto derivó en una competencia entre las distintas regiones por atraer organismos, instituciones y empresas cuya actividad estuviese orientada a la I+D y el

Universidad de Huelva 2009

conocimiento en general. Esta competencia suele reflejarse a menudo en las ayudas financieras y subvenciones que ofrecen los gobiernos regionales a los diversos agentes que llevan a cabo actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico o que producen bienes que incorporan alta tecnología, para que reorienten sus decisiones de localización y se inclinen por instalarse en su territorio[10].

La competencia interregional por atraer la localización de agentes innovadores, no sólo genera tensiones entre las distintas regiones, sino que puede llegar a ser peligrosa para los objetivos generales del país, en la medida en que condujese a discriminaciones interregionales, tendencia a la autarquía o al proteccionismo, lo que aumentaría las disparidades y desequilibrios regionales. Por este motivo, se hace necesario establecer unas normas y un marco de actuación de las políticas regionales, que las hagan consistentes y compatibles con el desarrollo armónico del conjunto del país. Esto puede significar una responsabilidad compartida en esta materia entre las autoridades nacionales y las regionales.

Por último, no debemos olvidar el fenómeno de las concentraciones tecnológicas bajo la forma de parques tecnológicos, industriales o científicos, que deben ser incorporados entre los distintos condicionantes de toda política tecnológica regional. Estas concentraciones surgieron inicialmente en la década de 1970 en muy pocos países, pero han proliferado desde comienzos de la de 1980 en muchas naciones como instrumentos para cambiar la estructura tecnológica de la zona en la que se

[10] Puede verse un estudio detallado, en especial de los casos de Estados Unidos, Japón y la entonces República Federal de Alemania en OECD (1988), pp. 28–29.

Universidad de Huelva 2009

instalan. Son numerosos los ejemplos en Alemania, el Reino Unido, Francia, Japón y otros países de la OCDE, no sólo en aquellos que pueden considerarse punteros en el campo de la I+D y el avance tecnológico. De hecho, las naciones con mayores carencias tecnológicas pueden acudir a ellos como un medio para salvar, o al menos paliar, su atraso relativo respecto a los países más avanzados[11].

Estas características aparentemente divergentes, que forman parte del todo que es la política científica y tecnológica regional ha llevado a algunos autores a destacar la existencia de una dicotomía entre las políticas nacionales y las regionales y distinguir entre la política implementada por la administración central, que suele primar los objetivos sectoriales de carácter global, y la desarrollada desde instituciones locales y regionales, más atenta en principio a las especificaciones propias de la estructura empresarial del área y sus necesidades concretas[12].

Otros autores entienden que, más allá de esas diferencias, todas las administraciones tienen como objetivo, aunque en diferente medida, ayudar tanto a empresas con elevada capacidad competitiva e innovadora como a aquellas regiones y zonas que carecen de las infraestructuras y los recursos que son necesarios para poder emprender estas actividades de forma autónoma. Desde esta perspectiva, consideran que el análisis de la

[11] En CASTELLS et al. (1992), encontramos una amplia exposición de esta función que potencialmente pueden desarrollar los parques tecnológicos. Sin embargo, no debemos olvidar que, como señala SWEENEY (1988) se requiere, como condición necesaria, la existencia de una cultura y una infraestructura tecnológicas. De igual forma se manifiesta MARTÍNEZ PARDO (1989), p. 39 al advertir que: "no debemos esperar, ni permitir, que tome cuerpo el sueño de considerarlos como el medio para resolver problemáticas, a veces insolubles para la economía territorial".

[12] MÉNDEZ y RODRÍGUEZ (1991).

Universidad de Huelva 2009

intervención pública debe afrontarse desde dos puntos de vista claramente diferenciados entre sí[13]:

- "Acciones de mercado o eficientes: ayudas para el desarrollo de proyectos por parte de empresas altamente competitivas, favoreciendo la dinámica espacial de las fuerzas de mercado y potenciando, de esta manera, las disparidades y diferencias entre regiones; lógicamente la ubicación de las empresas capaces de acceder a estas ayudas se produce en regiones tradicionalmente dinámicas, bien comunicadas y con una mano de obra suficientemente cualificada.

- Acciones redistributivas o compensadoras: ayudas vía infraestructuras, formación o investigación de base que compensen los desajustes que provoca el mecanismo de mercado".

Cuanto hemos señalado, ha motivado que sea lugar común en los estudios de Economía Industrial destacar el papel esencial y la extraordinaria importancia que tiene la innovación tecnológica para el crecimiento y el desarrollo socioeconómico de los países y regiones, pues ambos están íntimamente ligados a la capacidad tecnológica e innovadora. Esta vinculación entre tecnología y desarrollo ha servido de justificación para la existencia de políticas públicas tendentes a mejorar la capacidad innovadora y de desarrollo tecnológico, con el objetivo de conseguir un mayor bienestar social a través de mayores tasas de crecimiento y de creación de empleo.

[13] ACOSTA y CORONADO (1992), p. 29.

Universidad de Huelva 2009

Con este objetivo se establecieron los llamados sistemas nacionales de ciencia, tecnología e industria, que más recientemente están siendo sustituidos por los sistemas nacionales de innovación, compuestos por las empresas, el sistema público de I+D, las Administraciones Públicas (y sus políticas tecnológicas y de innovación), las infraestructuras de soporte a la innovación y otros agentes o subsistemas del entorno (sistema educativo, mercados de capitales, mercados de productos y factores, etc.) al objeto de incorporar una visión sistémica y de conjunto, que permita alcanzar un mayor y mejor aprovechamiento social así como unas mayores cotas de eficiencia asignativa y económica de los esfuerzos realizados por todos los agentes que intervienen en el citado sistema.

En este contexto, cobra un interés especial la llamada geografía de la innovación, concebida como "el estudio de las interrelaciones del proceso de innovación con el territorio donde dichas actividades innovadoras tienen lugar y con el conjunto de agentes involucrados, incluyendo el entorno social, político, institucional, educativo y financiero" [14]. La principal conclusión de la geografía de la innovación es la existencia de economías externas de aglomeración, asociadas a la concentración espacial de las actividades de I+D, que son aprovechadas especialmente por las empresas. Así, la cooperación entre los diversos agentes que forman parte del proceso de innovación (horizontal y verticalmente), no sólo con el entorno inmediato sino también en un contexto transnacional, se convierte en un

[14] PRADAS (1998), p. 18

Universidad de Huelva 2009

factor clave de toda política que pretenda fomentar la innovación y lograr a través de ella un mayor crecimiento y desarrollo económicos[15].

Por otro lado, puesto que estas actividades requieren la utilización de grandes volúmenes de recursos financieros, la infraestructura de apoyo y soporte a la innovación se convierte en un elemento clave en el proceso de innovación entre las PYME, y por ende en países y regiones en los que este tipo de empresas represente una proporción importante en el tejido empresarial, como es el caso de España y de Andalucía en especial.

Sin embargo, no debemos olvidar las causas y consecuencias de un fenómeno que, iniciado ya a finales del siglo XIX, se ha intensificado extraordinariamente a finales del siglo XX, hasta el punto de provocar incluso un cambio de terminología. Así, el proceso de internacionalización de la actividad económica, que aumenta la interdependencia de las relaciones económicas entre los distintos agentes y territorios que en ellas participan, es un fenómeno largamente conocido. Pero la intensidad con que este proceso ha crecido y se ha desarrollado en las últimas décadas ha desbordado todas las previsiones, hasta el punto de generar un nuevo término para hacer referencia a una interdependencia global entre todos los países y regiones, bajo el nombre de globalización, que en su imprecisión y vaguedad hace referencia, al menos, a tres aspectos diferentes: el creciente protagonismo de las empresas transnacionales[16], que operan en mercados

[15] La cooperación en actividades de I+D ha sido profundamente investigada por AGUADO (1999) para las empresas andaluzas, a cuyos resultados y conclusiones nos remitimos.

[16] De nuevo aquí se produce un cambio en la terminología. Ya no se habla de empresas multinacionales, sino transnacionales. Con ello se quiere destacar que estas empresas diseñan el conjunto de las diferentes fases de su proceso productivo atendiendo a sus objetivos, al margen de las fronteras de los países en los que operan.

Universidad de Huelva 2009

cada vez más abiertos, en primer lugar; en segundo, al desarrollo de mercados de capitales que operan con autonomía respecto a la esfera productiva y son capaces de movilizar rápidamente ingentes cantidades de recursos más allá de las fronteras del país en cuya moneda fueron emitidos, y por último a los cambios acontecidos en el panorama político tras el derrumbe de la URSS y el abandono de su sistema económico de planificación centralizada por los países de su entorno, cuyos efectos fueron el final de un mundo dividido en dos bloques y el cuestionamiento, por "obsolescencia", de los organismos internacionales diseñados para garantizar el orden económico internacional tras la Segunda Guerra Mundial[17].

Este proceso de profundo cambio económico y político guarda, por otro lado, una doble relación con la innovación y el cambio tecnológico. En primer lugar, porque el mencionado proceso ha sido posible en gran medida gracias a los intensos cambios científicos y tecnológicos que han tenido lugar durante la segunda mitad del siglo XX, en especial aquellos que más tienen que ver con las tecnologías de la información y las comunicaciones. Y en segundo lugar porque, como respuesta a los cambios generados por este nuevo contexto de globalización, han adquirido una creciente fuerza los procesos de integración supranacional, especialmente en Europa, al tiempo que las nuevas teorías del crecimiento económico consideran la tecnología como un elemento endógeno, por lo que las hipótesis de convergencia deben ser revisadas. Como resultado de este proceso de integración, el marco jurídico–institucional en el que tienen lugar las políticas tecnológicas y se conforman y desarrollan los sistemas

[17] ARAGÓN (1999), p. 35.

Universidad de Huelva 2009

regionales de ciencia y tecnología está cambiando, en la medida que la integración supone no sólo una potenciación de la liberalización de los mercados, sino también la sustitución de algunas regulaciones de ámbito nacional por otras de ámbito supranacional, así como la desaparición de algunas de ámbito nacional y la aparición de otras nuevas de ámbito supranacional. Es decir, en este marco, el Sistema Ciencia–Tecnología–Industria de cualquier región dependerá, además de las actuaciones de los agentes privados, del papel que juegue el sector público en su triple ámbito, regional, nacional y supranacional.

4.2. LOS EFECTOS DE LA POLÍTICA ECONÓMICA ANDALUZA SOBRE LA CONFIGURACIÓN DEL SCTI EN ANDALUCÍA.

Cuando hablamos de un Sistema Ciencia–Tecnología–Industria (SCTI), estamos abandonando la tradicional concepción lineal de la innovación, derivada de la división schumpeteriana del proceso de innovación en diferentes etapas, que se siguen unas a otras, y que gracias a un desarrollo sistemático y gradual del conocimiento culminan en la efectiva comercialización de un nuevo producto o la generación de un nuevo proceso de producción. El resultado, en materia de planificación y políticas científicas y de innovación y desarrollo tecnológico, fue la concepción de los encargados de diseñar, formular y poner en práctica estas políticas, que consideraban la innovación como un proceso separable en

Universidad de Huelva 2009

distintas fases, que podían recibir ayuda fragmentada, de fácil fiscalización[18].

Sin embargo, esta visión lineal tiene grandes limitaciones, debidas fundamentalmente a que no considera las interacciones entre las distintas actividades y etapas y entre los múltiples agentes que toman parte en el proceso de innovación, que acaban por inclinar la balanza a favor de una visión sistémica del proceso de innovación, en la que se tengan en cuenta todas las interrelaciones y retroalimentaciones entre los diversos agentes y etapas que lo componen. Este planteamiento, que parece sumamente claro desde el punto de vista del análisis teórico, debe ser tenido en cuenta por los responsables de la política científica y tecnológica para conseguir una actividad innovadora sistemática y eficiente, que genere un proceso de innovación duradero en el tiempo. Es decir, se debe considerar el Sistema Ciencia–Tecnología–Industria en su conjunto, atendiendo a todas sus relaciones e interacciones, tanto internas como externas. Estos sistemas pueden definirse como un entramado de personas, instituciones, instrumentos políticos, económicos y científicos, y valores éticos, que propician la innovación tecnológica y fuera del cual la innovación sólo tiene lugar, en el mejor de los casos, de forma esporádica[19]. Por otro lado, debemos considerarlos como sistemas finales, cuya existencia en una determinada región dependerá de que "se cumplan los tres requisitos que definen dicho sistema: la presencia de los órganos o subsistemas que lo componen, un grado de integración que haga posible hablar de sistema y no

[18] PRADAS POVEDA (1998), p. 12.

[19] CASTELLS et al. (1992).

Universidad de Huelva 2009

de simple conjunto de elementos, y una cierta autonomía de los órganos de coordinación y gestión del SCTI correspondiente"[20].

4.2.1. La estructura socioeconómica en Andalucía.

Para poder entender, valorar y diagnosticar de forma acertada cuál es la situación en que se encuentra la tecnología en cualquier región debemos atender al marco y el contexto socioeconómico en el que la incorporación de tecnología en el sistema productivo y la realización de actividades de investigación tienen lugar.

En el caso de Andalucía, este marco se caracteriza, en primer lugar, por el mayor peso relativo en el sistema productivo de la agricultura, la gran importancia de los servicios, en especial turismo y servicios no destinados a la venta, y la reducida representatividad de la actividad industrial, que además está especializada en actividades de baja intensidad tecnológica. Pero, por otro lado, debe destacarse la escasa capacidad de las empresas para innovar e incorporar nuevas tecnologías, lo que se explica en parte por la débil valoración que encuentran en la cultura regional las actitudes emprendedoras[21]. Además, respecto al entorno científico en Andalucía, en un estudio realizado por el IFA[22], se pone de manifiesto la importancia cuantitativa de los profesores universitarios y de los investigadores del CSIC, aunque siempre por debajo de su peso poblacional (respectivamente, 16,1% y 14,4% de la cifra nacional), que se ve

[20] GALÁN, CASILLAS y MORENO (1992), p. 12.

[21] FERRARO y SALGUEIRO (1996), pp. 21–22.

[22] INSTITUTO DE FOMENTO DE ANDALUCÍA (1996).

Universidad de Huelva 2009

corroborada porque constituyen el soporte de la parte más significativa de las actividades de I+D llevadas a cabo en Andalucía. No obstante, el mismo estudio señala que sólo el 10,9% trabaja en actividades de trascendencia tecnológica aplicables a los procesos productivos, mientras que el resto se dedica a actividades relacionadas con las humanidades, las ciencias sociales o realizan investigación básica. Por último, en cuanto a las estructuras de transferencia de resultados y de interfaz entre los distintos agentes del sistema ciencia–tecnología–industria, la característica del panorama andaluz está dominada por un desequilibrio en el diseño y organización de dichas estructuras, como resultado de un peso excesivo de las Administraciones públicas y la concentración en torno a las actividades científicas en detrimento de la atención a las actividades productivas y tecnológicas.

Esta situación de atraso y debilidad tecnológica del tejido productivo andaluz ha sido puesta de manifiesto sistemáticamente por todos los estudios[23] que, durante el período de referencia del presente trabajo, han abordado tanto el análisis de la economía andaluza en su conjunto, como aquellos que se han centrado en aspectos de la industria o la tecnología. De entre ellos, quizá el que llevó a cabo el análisis más completo fue el realizado por Castells y su equipo de investigación en 1992 en el marco del proyecto PINTA (Proyecto de Investigación sobre Nuevas Tecnologías en Andalucía), del que más allá de la corroboración del considerable déficit tecnológico existente en Andalucía y la ausencia de un tejido productivo

[23] Sin ánimo de ser exhaustivos, podemos citar entre estos estudios los de BANCA CATALANA (1978), PAYNO et al. (1983), CASTELLS et al. (1992), GALÁN, CASILLAS y MORENO (1992), ESECA (1993), MARTÍN y PALMA (1993), JORDÁ (1994), entre otros.

Universidad de Huelva 2009

favorable a la innovación, queremos destacar su conclusión sobre la inexistencia de un sistema ciencia–tecnología andaluz, lo que precisan afirmando que "el embrión del sistema ciencia–tecnología andaluz se encuentra tan íntimamente unido al español que en rigor no cabe hablar de uno andaluz propiamente dicho"[24], para lo que alude a la ausencia de la primera y tercera condiciones de la existencia del mismo, que más arriba hemos enunciado. No obstante, otros autores[25] se inclinan por considerar que la inexistencia o el retraso en el surgimiento de un SCTI andaluz se debe a la segunda de dichas características, es decir, a la escasa integración y articulación del sistema[26].

En estas circunstancias, no es de extrañar que el impulso tecnológico en Andalucía tenga como fundamental valedor al sector público[27], no sólo a través de agentes autonómicos, como la propia Junta de Andalucía y el Instituto de Fomento de Andalucía (IFA) sino también mediante agentes dependientes del Gobierno central, como el Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), dependiente del Ministerio de Industria. La planificación ha sido pues el rasgo común de la política científica y tecnológica en Andalucía.

---

[24] CASTELLS et al. (1992), p. 733.

[25] GALÁN, CASILLAS y MORENO (1992), p. 13.

[26] Destaquemos aquí que la visión de los distintos SCTI que tienen estos autores es integradora, con un reparto competencial en función de las características, el ámbito y la magnitud de cada proyecto concreto. Es decir, los diferentes sistemas (de distinto ámbito) que en un momento dado pueden estar operando sobre un territorio no deben competir entre sí, sino cooperar y complementarse, sin que en ningún momento el de ámbito geográfico local o regional deba aspirar a alcanzar una posición autónoma en materia de políticas de innovación y desarrollo tecnológico.

[27] JUNTA DE ANDALUCÍA (1988b), p. 9.

Universidad de Huelva 2009

En cualquier caso, el SCTI andaluz, si es que puede hablarse de él en sentido estricto, se ha caracterizado tradicionalmente por tener un carácter periférico dentro el contexto nacional y europeo, como resultado del insuficiente desarrollo económico de la región (excesiva presencia del sector primario, base industrial débil y poco articulada, escaso nivel de formación de la mano de obra y elevada tasa de paro) así como de las importantes deficiencias en infraestructuras, comunicaciones, formación y capacidades de gestión, propias de un factor empresarial dinámico y emprendedor.

Sin embargo, a finales de la década de 1980, con motivo de los acontecimientos asociados a la Exposición Universal de 1992, comenzaron una serie de actuaciones llevadas a cabo por los poderes públicos, que pretendían marcar un punto de inflexión en la tendencia antes mencionada para paliar primero y corregir después esta situación. Son muchos los estudios que se han realizado de diversos aspectos del SCTI andaluz, y para distintos períodos de tiempo. De entre todos ellos, podemos destacar que las características generales de dicho sistema son, a grandes rasgos y al margen de un posterior análisis más detallado, las siguientes:

- Las actividades de I+D se centran fundamentalmente en la investigación básica y tienen lugar dentro del ámbito universitario, con escasa integración y articulación del conjunto del sistema y una extremadamente débil vinculación con el sistema productivo[28]. Quizá

[28] La propia Junta de Andalucía (1996), p. 31, reconoce en la presentación del II Plan Andaluz de Investigación que "el talón de Aquiles de nuestra actividad en I+D es que ésta se reduce, en la práctica, al sector público. Sólo muy contadas empresas creen realmente en los beneficios que la actividad innovadora puede proporcionarles y, sobre todo, en su propia capacidad para generar innovación".

Universidad de Huelva 2009

pueda encontrarse una explicación en las características del sector industrial andaluz, así como en las deficiencias de cualificación de la mano de obra y de formación del empresariado.

- Dentro de la investigación básica, destacan por su importancia relativa los proyectos y grupos de investigación relacionados con las áreas agroalimentarias y las de las ciencias de la vida, acompañadas, aunque con un peso sensiblemente inferior, de las ciencias sociales. Además, las actividades que tradicionalmente se consideran de mayor intensidad tecnológica (como tecnologías de la producción y las telecomunicaciones, por ejemplo), tienen una presencia meramente testimonial en muchos casos.

- El carácter periférico del STCI andaluz se manifiesta hasta el punto de que el I Plan Andaluz de Investigación puede considerarse un desarrollo mimético del Plan Nacional de I+D, tanto en su estructura como en sus líneas prioritarias de actuación y áreas temáticas de desarrollo[29].

4.2.2. La plasmación de la política científica y tecnológica en la planificación y política económicas en Andalucía.

No podemos comprender el proceso de configuración del Sistema de Ciencia–Tecnología– Industria en Andalucía sin atender a su relación con

[29] De hecho, en el propio Programa Industrial para Andalucía (JUNTA DE ANDALUCÍA, 1994, p. 105), se reconoce que "el Plan Andaluz de Investigación [1990–1993] se eleboró en consonancia con el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico". No obstante, las coincidencias apuntan a algo más que la simple consonancia.

Universidad de Huelva 2009

los esfuerzos embrionarios en materia de planificación económica, que parten con el Plan de Urgencia para Andalucía de la etapa preautonómica, que fue más "reflejo de una voluntad política que como resultado de un riguroso análisis económico"[30], y que fue seguido por el Plan Económico para Andalucía y diversos planes de desarrollo económico, con desigual atención prestada a los aspectos tecnológicos e investigadores, cuya consideración explicita sólo aparece de forma tardía en el primer Plan Andaluz de Desarrollo Económico, que abarca el cuatrienio 1987–1990.

Si nos ceñimos a los aspectos de la investigación científica y tecnológica y del desarrollo tecnológico en sentido estricto, en el período de tiempo al que nos vamos a referir debemos considerar tres grandes líneas o programas de actuación (un programa de política científica y dos planes de investigación para Andalucía), que nos permiten dividir dicho período en varias etapas claramente establecidas. Estas actuaciones, se completan con el tercer Plan Andaluz de Investigación, vigente en estos momentos y que abarca hasta el 2003.

Al margen de la etapa inicial en que no existían en nuestra región actuaciones en materia científico–investigadora y tecnológica programadas desde la propia Andalucía, sin que tampoco fuesen objeto de una atención intensa en el conjunto de España, nosotros vamos a centrar nuestra atención exclusivamente en el período de tiempo en que sí se ha prestado al menos una atención parcial a estas cuestiones en Andalucía. Así, debemos comenzar con una primera etapa, que cubre desde 1984 a 1987, en la que la política científica en Andalucía se circunscribe al denominado Programa de

[30] MARTÍN y PALMA (1993), p. 207.

Universidad de Huelva 2009

Política Científica. Los años 1988 y 1989 suponen una etapa de transición en la que se trataba fundamentalmente de establecer las bases de lo que sería el primer Plan Andaluz de Investigación (PAI I) para el cuatrienio 1990–1993, cuyo período de vigencia marca la tercera etapa. La cuarta etapa comienza en 1994, con lo que debió ser la etapa de desarrollo de un segundo PAI, pero que sólo pudo ser una etapa transitoria debido a la inestabilidad política del momento en Andalucía que trajo consigo la reasignación del PAI primero a Industria, Comercio y Turismo y luego de vuelta a Educación y Ciencia y, sobre todo, a la necesidad de prorrogar los presupuestos de la Junta de Andalucía por dos años consecutivos. Aunque fueron numerosos los trabajos y actuaciones para lograr el establecimiento del segundo Plan Andaluz de Investigación (PAI II), su instauración no tuvo lugar hasta 1996, fecha que marca el inicio de la quinta etapa, el desarrollo del PAI II cuya vigencia abarca desde 1996 a 1999. Aunque ya claramente fuera del ámbito temporal que nos ocupa, en la actualidad estamos en una sexta etapa, en la que está ya vigente el tercer Plan Andaluz de Investigación (PAI III), cuyo ámbito temporal abarca el cuatrienio 2000–2003.

a) Las primeras actuaciones de la Política Pública andaluza.

Consideramos aquí, una etapa que tiene sus orígenes en el período preautonómico, con el Plan de Urgencia para Andalucía (PUA) y que finaliza en 1986, justo con la expiración del Plan Económico para Andalucía (PEA), en los que, paradójicamente, la política científica y tecnológica no constituye una preocupación de primer orden.

Universidad de Huelva 2009

El casi olvidado PUA fue elaborado, como ya hemos señalado, en la época preautonómica con el objetivo principal de obtener una información precisa sobre la realidad andaluza en sus distintos aspectos. Desde esta perspectiva, resulta cuando menos sorprendente que en el diagnóstico inicial no se hagan alusiones explícitas al bajo nivel tecnológico que caracterizaba el sistema productivo andaluz[31]. Esta ausencia se nos antoja paradójica, habida cuenta que se reconoce la importancia de la tecnología para obtener mejoras en la productividad industrial, hasta el punto de recomendar, vagamente eso sí, en este sentido "utilizar tecnologías disponibles en España o asimilables por el sistema productivo". En esta línea, reconoce un poco más adelante, atendiendo a la perspectiva de la posible incorporación de España a la CEE, que "... exige esfuerzos inversores en tecnologías y es necesaria: a) la coordinación por la Junta de Andalucía de todas las actividades investigadoras que tienen relación con Andalucía, y b) el incremento del esfuerzo en Investigación y Desarrollo de acuerdo con las necesidades de Andalucía"[32].

Cuando se plantea un esfuerzo a la medida de las necesidades de Andalucía, se es consciente de la situación de retraso tanto en términos relativos como absolutos. El tema se vuelve más complejo cuando se considera la modernización tecnológica como una estrategia de desarrollo para nuestra comunidad, porque si bien es cierto que el nivel tecnológico

[31] De hecho, en la presentación que del PUA hizo el profesor Vallés en la Diputación Provicial de Sevilla en noviembre de 1980, sólo aparece en una ocasión la expresión innovación tecnológica, y sólo es para enumerar algunos de las usos que las empresas dan a los dividendos no distribuidos a sus accionistas, con la misma atención que el incremento de stocks o la mejora del utillaje. VALLÉS (1981), p. 16.

[32] JUNTA DE ANDALUCÍA (1980), pp. 62 y ss.

Universidad de Huelva 2009

del sistema productivo de la región ha supuesto un freno para su desarrollo, no lo es menos que las nuevas tecnologías no tendrán los efectos motores esperados sobre el mismo debido a las carencias existentes en su base económica[33]. La situación es aún más preocupante si la comparamos con la media nacional o con otras regiones españolas, como tendremos ocasión de comprobar más adelante cuando procedamos a caracterizar el esfuerzo realizado en Andalucía y compararlo con el llevado a cabo en el resto de España. El grado de competitividad regional puede estar relacionado en buena medida con la capacidad de recortar el diferencial existente en el esfuerzo investigador, y que con respecto a la media nacional, hay que señalar que no ha hecho más que aumentar, pasando de un 0,17 puntos porcentuales en 1983 a 0,39 en 1992 y reducirse hasta 0,22 en 1998, todavía por encima del diferencial de 1983. No obstante, es preciso reconocer que la región ha llevado a cabo un importante esfuerzo en materia de ciencia y tecnología. A lo largo del presente trabajo esta afirmación quedará precisada, si bien, podemos adelantar que el esfuerzo tecnológico regional, medido por el porcentaje que los gastos en I+D representan sobre el PIB regional, ha pasado de un 0,28 en 1983 a un 0,68 en 1998 y a pesar del diferencial respecto a España, que se ha incrementado en términos absolutos, en términos relativos hemos convergido del 62% en 1983 al 76% de 1998, aunque pasando por una etapa crítica hasta 1992, en que la convergencia cayó al 57%.

Una vez iniciada la etapa autonómica, se aprueba el ya mencionado PEA, cuyo ámbito temporal abarcaba el trienio 1984–1986, y se estructuraba en doce Programas, ninguno de ellos dedicado explícitamente

[33] JORDÁ BORRELL (1992), p.29.

Universidad de Huelva 2009

al fomento de las actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico[34], aunque estas cuestiones son abordadas parcialmente en los programas tercero y séptimo.

Así, en el Programa nº. 3, "Apoyo a la Actividad Empresarial", se recoge la actuación de carácter general A.2, "Apoyo al Desarrollo Tecnológico y a la Innovación"[35], en la que se recomiendan medidas como el apoyo a proyectos de innovación tecnológica y diseño industrial, la incorporación de nuevas tecnologías, el apoyo institucional a las investigaciones técnicas aplicadas, el fomento de servicios tecnológicos regionales, la concesión de subvenciones para la creación de departamentos de I+D, la creación de centros públicos de I+D básica y aplicada, y la atracción de inversiones extranjeras, entre otras.

De forma semejante, en el Programa nº. 7, "Actuación de Promoción y Reestructuración de la Industria y la Minería", se realiza un diagnóstico y estudio de la situación de la industria andaluza y se recoge un grupo de medidas específicas de "Apoyo al desarrollo tecnológico y a la innovación", destacando en este sentido:

"C.1. Acciones de apoyo a la innovación tecnológica", que se concretan en la subvención de proyectos, estudios y otras acciones.

---

[34] De hecho, del esquema organizativo del Plan, puede deducirse que sus prioridades son el desarrollo económico e industrial, ocupando los aspectos científicos, tecnológicos y de innovación una preocupación de mucha menor preferencia. JUNTA DE ANDALUCIA (1985a), p. 93.

[35] JUNTA DE ANDALUCÍA (1985a), p. 191.

Universidad de Huelva 2009

"C.2. Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico", que es la parte que afecta a Industria del Programa General de la Consejería de Educación[36].

Una muestra de que la política científica y tecnológica no constituye una prioridad del PEA, la encontramos en las cifras de gasto correspondientes al Bloque 5 de las inversiones públicas (Estudios, Investigación y tecnología), que no superan el 1,3% del conjunto de la dotación presupuestaria del Plan para el trienio 1984–1986. De ellas, algo menos del 0,5% corresponde a las dotaciones previstas para el Programa de Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia[37]. Además, ante la realidad de la profunda crisis y la imperante necesidad de reconversión en que se encontraba la escasa industria existente en Andalucía en este período, la orientación del PEA se vio claramente condicionada por dicha realidad, así como por la creencia en el potencial de desarrollo endógeno promovido desde la administración pública autonómica, cuya vocación era claramente la de configurar un sector público que fuese el agente y motor capaz de transformar la estructura industrial de la región[38].

Todos estos condicionantes, llevaron a la creación de dos organismos con dos misiones claramente definidas. En primer lugar, SOPREA, la Sociedad para la Promoción y Reconversión Económica de Andalucía, para abanderar la construcción del sector público andaluz y apoyar a las empresas en reconversión. Por otro lado, IPIA, el Instituto de Promoción

[36] JUNTA DE ANDALUCÍA (1985a), pp. 256–257.

[37] Véase JUNTA DE ANDALUCÍA (1985a), pp. 140–149 para los datos del Bloque 5 y p. 157 para los datos del Programa de Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia.

[38] FERRARO y SALGUEIRO (1996), p. 24.

Universidad de Huelva 2009

Industrial de Andalucía, para apoyar, potenciar y facilitar el desarrollo de actividades industriales endógenas. Estos dos organismos serían refundidos en el siguiente Programa Andaluz de Desarrollo Económico, dando lugar a la creación del Instituto de Fomento de Andalucía (IFA), encargado desde entonces tanto de las ayudas a empresas en dificultades, como de la gestión del sector público andaluz y de la ayuda y promoción de la creación de nuevas empresas y actividades productivas[39].

b) La consolidación de la planificación para el desarrollo económico de Andalucía.

Sólo una vez acabada esta primera etapa se hace referencia explícita a la innovación y el desarrollo tecnológico en la planificación económica en Andalucía. Así, ya en el Programa Andaluz de Desarrollo Económico 1987–1990 (PADE I) se reconoce, aunque siempre en términos muy generales, que constituyen un elemento clave para el crecimiento económico al afirmar que "la adopción y adaptación de la innovación y las nuevas tecnologías [de proceso y de producto, entendidas ambas en su sentido más amplio] se considera indispensable para que la economía andaluza pueda satisfacer adecuadamente las necesidades de la población de la Comunidad Autónoma"[40]. Además, se reconoce la necesidad de adoptar tecnología exterior al no estar disponible su producción en Andalucía e incentivar a las empresas multirregionales para que realicen actividades de I+D en Andalucía, así como el fomento de la investigación

[39] El papel jugado por el IFA en el desarrollo de la innovación y de la incorporación de nuevas tecnologías en la industria andaluza ha sido analizado por MENCÍA (1992) para su etapa inicial de actuaciones.

[40] JUNTA DE ANDALUCÍA (1988), p. 108.

Universidad de Huelva 2009

en las Universidades y los Centros de Investigación andaluces. Todo ello, debía completarse con una labor de catalización, encomendada al Sector Público andaluz.

Todo esto había sido matizado previamente, en el análisis comparativo de la economía andaluza, al estudiar cómo incide sobre ella el contexto exterior y hablar de sectores preferentes y otros en declive. En este punto se afirma, en primer lugar, que, en general, no hay sectores en crisis, sino tecnologías en crisis, y por otro lado que "no se pretende dar un salto en el vacío... proponiendo que Andalucía se convierta en punta de lanza de las nuevas tecnologías. Por razones obvias, esto no es posible. Pero ello no es óbice para, por un lado, marcar el rumbo y, por otro, insistir en que es absolutamente necesario la aplicación de nuevas tecnologías y la innovación a todos los sectores de la actividad económica para hacerlos competitivos"[41].

Merecen ser destacados, de entre las diferentes líneas de actuación, los diversos Programas de Adecuación y Desarrollo Tecnológico, que constituyen el área 03 del Plan. Sus objetivos eran muy generales, procurando fomentar la modernización de los sistemas productivos andaluces mediante la incorporación de nuevas tecnologías (microelectrónica, biotecnología y nuevos materiales) en las empresas. Se prestaba especial atención a la calidad en la construcción y la vivienda y los nuevos materiales a través de tres programas, cuya ejecución quedaba encargada a la Consejería de Obras Públicas y Transportes. La Consejería de Economía y Fomento era la encargada de ejecutar las acciones de

[41] JUNTA DE ANDALUCÍA (1988), p. 47.

Universidad de Huelva 2009

fomento a la introducción de nuevas tecnologías en las empresas, a la innovación tecnológica y el desarrollo de la informática y la electrónica. En tercer lugar, la Consejería de Agricultura y Pesca debía ejecutar las acciones de la investigación agraria. Todo ello, se completaba con un programa, dentro del área 11, Equipamientos Colectivos, dedicado a la investigación científica, cuya ejecución dependía de la Consejería de Educación y Ciencia.

Los objetivos y actuaciones dentro de cada uno de los programas antes mencionados son muy variados. Dentro del área 03, como ya hemos señalado, existe una preocupación especial por la calidad en la construcción, que se pretende conseguir a partir de una ordenación jurídica que defina y permita exigir contractualmente los niveles de calidad pretendidos, la colaboración con otras Administraciones para conseguir que mejoren dichos niveles, mediante la utilización de laboratorios de control y la creación de unidades especializadas en los mismos, el control y registro de los materiales con garantías de calidad, el asesoramiento y la información para empresas y usuarios, así como la divulgación de resultados y avances en el conocimiento a través de jornadas, encuentros, seminarios y muestras. En los programas de introducción de nuevas tecnologías, innovación y desarrollo de la informática y la electrónica, el objetivo es conseguir la modernización de los sistemas productivos y de gestión de las empresas andaluzas, para lo que se utilizan medidas de apoyo a la difusión y la formación en las nuevas tecnologías, la inversión, para incorporarlas por parte de las empresas y para la creación de departamentos de I+D y el asesoramiento técnico, la divulgación y la formación en informática y electrónica. El octavo y último de los programas de este área,

Universidad de Huelva 2009

ejecutado por la Consejería de Agricultura y Pesca, se dedica a la investigación agraria, siendo sus objetivos la mejora de las instalaciones y el incremento de las investigaciones y experimentaciones, para lo que se proyecta construir y adecuar centros de investigación, formar investigadores, ejecutar proyectos de investigación y desarrollar experimentaciones.

Los objetivos del programa 02 del área 11, que aquí consideramos son diferentes a los del área 03. El programa de investigación científica, ejecutado por la dirección General de Universidades e Investigación de la Consejería de Educación y Ciencia, tiene como objetivo la potenciación y el estímulo de la investigación científica, para lo que se prevé la realización de multitud de acciones, desde la definición de las líneas de investigación prioritarias hasta el continuo seguimiento y evaluación de las actividades realizadas, pasando por la concesión de ayudas para la formación del personal investigador (FPI) en los diversos centros, ayudas para el reciclaje y perfeccionamiento del personal investigador existente, potenciación de la infraestructura de investigación y ayudas para la potenciación de los equipos de investigación.

Las cifras de la dotación presupuestaria para programas relacionados con la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el seno del PADE I, vienen recogidas en el Cuadro 4.1, en el que podemos observar como en conjunto estas acciones no superan el 1,6% del total de las dotaciones. De esta cantidad, aproximadamente el 90% corresponde a acciones directamente relacionadas con la I+D (1,43% del PADE), un 60% (1% del PADE) son acciones del Programa de Investigación Científica,

Universidad de Huelva 2009

ejecutado desde la Dirección General de Universidades e Investigación y cuyo estudio abordamos más adelante. Es decir, las actividades de los demás programas sólo son acciones residuales que apenas alcanzan el 10% de las previsiones de gasto del PADE I.

CUADRO 4.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS DEL PADE I PROGRAMAS CON INCIDENCIA EN LA INVESTIGACIÓN, LA INNOVACIÓN Y Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO (IIDT)

ÁREA Y PROGRAMA		Ejecución (1) (2)	CUANTÍA (10^6 Pta.)	% sobre programas IIDT	% SOBRE TOTAL PADE I
PROGRAMAS DEL ÁREA 03: ADECUACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO					
03.01	Garantías de calidad en la construcción	COPT (5.29)	133	1.25	0.02
03.02	Innovación y desarrollo tecnológico aplicable a la construcción		30	0.28	0.00
03.03	Fomento de la calidad de la construcción		12	0.11	0.00
03.04	Investigación y Aplicaciones Tecnológicas al sector vivienda		390	3.65	0.06
03.05	Fomento a la introducción de nuevas tecnologías	CEF (8.15)	300	2.81	0.05
03.06	Fomento de la Innovación Tecnológica		260	2.44	0.04
03.07	Desarrollo de la informática y la electrónica		310	2.90	0.05
03.08	Investigación agraria	CAP (25.93)	2.767	25.93	0.41
Total Área 03			*4.202*	*39.37*	*0.63*
PROGRAMAS DEL ÁREA 11: EQUIPAMIENTOS COLECTIVOS					
11.02	Investigación Científica	CEC (60.63)	6.470	60.63	0.97
Programas directamente relacionados con la I–D (03.06–03.08–11.02)			*9.497*	*88.99*	*1.43*
Total Programas IIDT			***10.672***	***100,00***	***1,60***
TOTAL RECURSOS PADE I			**666.147**	–	**100,00**

(1)Leyenda: COPT, Consejería de Obras Públicas y Transportes; CEH, Consejería de Economía y Hacienda; CAP, Consejería de Agricultura y Pesca; CEC, Consejería de Educación y Ciencia.

(2)Entre paréntesis la participación porcentual de cada Consejería en los programas IIDT.

Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA (1988), pp. 268–271 y elaboración propia.

Por otro lado, a la vista de los datos del Cuadro 4.2, comprobamos cómo las dotaciones se han ido incrementando a lo largo del período de vigencia, a excepción de las acciones relacionadas con la calidad en la construcción, que se han mantenido estables o han disminuido respecto a 1997. Sin embargo, la evolución relativa de cada uno de los programas no

Universidad de Huelva 2009

ha sido homogénea, ganando peso las actividades de investigación científica, perdiéndolo las demás.

CUADRO 4.2. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LOS RECURSOS DEL PADE I (10^6 PTA.) PROGRAMAS CON INCIDENCIA EN LA INVESTIGACIÓN, LA INNOVACIÓN Y Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO (IIDT)

ÁREA Y PROGRAMA		Ejecución (1)	1987	1988	1980	1990	TOTAL
PROGRAMAS DEL ÁREA 03: ADECUACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO							
03.01	Garantías de calidad en la construcción	COPT	37	32	32	32	133
03.02	Innovación y desarrollo tecnológico aplicable a la construcción		0	10	10	10	30
03.03	Fomento de la calidad de la construcción		3	3	3	3	12
03.04	Investigación y Aplicaciones Tecnológicas al sector vivienda		90	95	100	105	390
03.05	Fomento a la introducción de nuevas tecnologías	CEF	60	70	80	90	300
03.06	Fomento de la Innovación Tecnológica		50	60	70	80	260
03.07	Desarrollo de la informática y la electrónica		40	70	90	110	310
03.08	Investigación agraria	CAP	579	638	720	830	2.767
Total Área 03			*859*	*978*	*1.105*	*1.260*	*4.202*
PROGRAMAS DEL ÁREA 11: EQUIPAMIENTOS COLECTIVOS							
11.02	Investigación Científica	CEC	1.220	1.500	1.750	2.000	6.470
Programas directamente relacionados con la I+D (03.06+03.08+11.02)			*1.849*	*2.198*	*2.540*	*2.910*	*9.497*
Total Programas IIDT			***2.079***	***2.478***	***2.855***	***3.260***	***10.672***
TOTAL RECURSOS PADE I			**144.740**	**165.154**	**172.638**	**183.615**	**666.147**

(1)Leyenda: COPT, Consejería de Obras Públicas y Transportes; CEH, Consejería de Economía y Hacienda; CAP, Consejería de Agricultura y Pesca; CEC, Consejería de Educación y Ciencia.
Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA (1988), pp. 268–271 y elaboración propia.

Así, si calculamos la participación relativa de las dotaciones anuales en el total de Programas IIDT, vemos como las actividades de investigación científica pasan del 58,68% al 61,35%. Este incremento de casi tres puntos porcentuales en la participación sobre el conjunto de programas se ve parcialmente compensado con la reducción del 27,85% al 25,46% que experimentan las actividades de investigación agraria, de forma que el conjunto de actividades directamente relacionadas con la I+D

Universidad de Huelva 2009

sólo incremente su participación en medio punto, pasando del 88,84% de 1987 al 89,26% de 1990. Es decir, se observa una polarización de las actividades de IIDT hacia la Política Científica, cuya plasmación práctica fue el Programa de Política Científica, posteriormente continuado por los sucesivos Planes Andaluces de Investigación.

c) El Plan Andaluz de Desarrollo Económico 1991–1994.

Pero el cambio más significativo en el planteamiento de las actividades científicas y tecnológicas en la planificación y la política económica en Andalucía lo encontramos en el Plan Andaluz de Desarrollo Económico (PADE II), vigente de 1991 a 1994, en el que se incluye en la enumeración de los objetivos del mismo en quinto lugar el "Desarrollo y modernización tecnológica de Andalucía"[42]. Ya en el Capítulo 2 en el que se estudia el contexto de la economía andaluza, se le dedica un subepígrafe al reto de las nuevas tecnologías, dentro del epígrafe en que se estudian las claves de la situación económica internacional, en el que se reconoce que "la tecnología se presenta, cada vez más, como valor estratégico y factor crítico, tanto en la generación de nuevas industrias y servicios, como en el control del propio potencial económico"[43]. Se reconoce que estas nuevas tecnologías (cuya principal característica es la rapidez con la que los conocimientos científicos se transforman en resultados aplicables al sistema productivo) conducirán al establecimiento de una nueva estructura tecnológica, cuyos efectos se harán notar a través de un proceso de redistribución industrial y de servicios, que generarán una nueva división

[42] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), p. 106.

[43] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), p.44.

Universidad de Huelva 2009

internacional del trabajo, cambios en la organización productiva y el entorno empresarial y, en el mercado de trabajo, importantes cambios en las formas de producción y en la estrategia ocupacional. En este último aspecto, encontramos una visión optimista, cuando se afirma que "obviando los naturales desajustes que ocasiona a corto plazo todo cambio tecnológico, a medio y largo plazo, y siempre que los agentes económicos y sociales sean receptivos a las nuevas pautas que rigen la economía mundial, las nuevas tecnologías traerán consigo una mejora sustancial en las tasas de crecimiento económico y el empleo"[44].

Más adelante, en el Capítulo 6, dedicado a la Política de Factores, dentro del estudio de los recursos naturales, dedica un subapartado a la Investigación Ambiental, en el que se reconoce que "la investigación científica constituye una vía decisiva para dotar a la Comunidad de los conocimientos y criterios técnicos sobre los que ha de basarse el diseño de las políticas de gestión ambiental y territorial, a la vez que es responsable de lograr el desarrollo de aplicaciones técnicas que respondan a las necesidades y problemas específicos de la región"[45]. Para ello se le recomiendan líneas de investigación destinadas a reducir la contaminación y lograr una gestión racional del medioambiente y los recursos naturales, identificar problemas potenciales a largo plazo para desarrollar las políticas preventivas oportunas, y prestar atención prioritaria a la investigación dirigida a la obtención de métodos y técnicas aplicables en Andalucía.

[44] *Ibidem*, p. 45.

[45] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), pp. 169–170.

Universidad de Huelva 2009

Pero el tratamiento más profundo se le da en el ya mencionado Capítulo 6, al dedicar el tercer apartado íntegramente a la investigación y desarrollo tecnológico. En la introducción a dicho apartado se destaca la relación que existe entre la incorporación al cambio tecnológico y la evolución de la capacidad competitiva de cualquier economía regional en el ámbito mundial, lo que conlleva admitir la necesidad de una reestructuración de largo alcance en los sectores productivos, que ya está teniendo lugar en otros países y regiones desde mediados de la década de 1970. Así mismo, se reconoce que cualquier retraso en dicho proceso podría paralizar los proyectos de desarrollo económico.

Por otro lado, se destaca también que en el proceso de incorporación al cambio tecnológico juega un papel fundamental la vinculación entre el conocimiento científico y el progreso técnico, en la medida en que el complejo investigación–innovación–mercado funcione, para lo que no basta con obtener resultados de la investigación, sino que éstos han de poder transformarse en procesos y productos intercambiables en el mercado. Es decir, se reconoce la necesidad de integrar la investigación científica en el sistema económico, para lo cual constituye un elemento esencial el Sistema Ciencia–Tecnología–Industria (SCTI), como así parece demostrarlo la experiencia de los países más avanzados. En este sentido, y aludiendo a las conclusiones del proyecto PINTA (Proyecto de Investigación sobre Nuevas Tecnologías en Andalucía), cuyas principales recomendaciones se reconoce seguir, se destaca que Andalucía necesita mejorar la débil conexión existente en ese momento entre las actividades de I+D y el sistema económico regional. Esto significa fomentar y potenciar la creación de un *sistema tecnológico productivo*, que no sólo preste atención

Universidad de Huelva 2009

a la innovación sino también y especialmente, a la "adecuada conexión, dimensión y complementariedad entre investigación, adaptación, producción y utilización de las tecnologías, así como la existencia de recursos humanos e infraestructura productiva y de comunicaciones adecuadas al nuevo medio tecnológico"[46].

Así, además de reconocer la importancia de estas actividades, se marcan una serie de recomendaciones y líneas de actuación concretas como elementos clave para el diseño de la política tecnológica regional, que comienzan por destacar que estas actuaciones deben ser selectivas para tener éxito. Entre ellas destacamos[47]:

- Creación de infraestructuras adecuadas para el establecimiento de empresas tecnológicamente avanzadas.

- Apoyo a las empresas "de futuro" para aprovechar los efectos positivos de la difusión de la tecnología que generan e incorporan.

- Apoyo a las labores de investigación pública y privada, lo que constituye un enlace con el diseño de un Plan Andaluz de Investigación. A este respecto, se señalan unas líneas prioritarias de actuación; las agroalimentarias, ciencias de la vida, recursos naturales, humanidades, tecnologías de la producción y tecnologías de la información.

[46] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), p. 178.

[47] *Ibidem*, pp. 178–184.

Universidad de Huelva 2009

- Medidas para mejorar la enseñanza básica y el sistema educativo en general, como la creación de un sistema de Formación Profesional Superior, incrementar el potencial científico y de investigación de las Universidades andaluzas, acentuar la especialización a través de la investigación y las enseñanzas de tercer ciclo, potenciar la coordinación de recursos mediante la creación de centros de I+D de ámbito regional, y la creación de medios de innovación tecnológico industrial que concentren en un área concreta los esfuerzos públicos y privados para el mejor aprovechamiento del potencial de tecnología aplicada existente en Andalucía. Como ejemplos, el Parque Tecnológico de Andalucía, en Málaga, y Cartuja'93 en Sevilla.

En este mismo epígrafe dedicado a la investigación y el desarrollo tecnológico, se definen también las líneas prioritarias de investigación, en número de cinco. En primer lugar, las agroalimentarias, prestando atención especial a las tecnologías de los alimentos, la producción en zonas áridas y la biotecnología. Por otro lado, las ciencias de la vida, que comprenden especialmente la fisiología genética y molecular, la toxicología y la inmunología. En tercer lugar, los recursos naturales, atendiendo a la acuicultura, la tecnología del agua y la tecnología medioambiental. Otra línea la constituyen las tecnologías de la producción, en las que destacan la producción y distribución de energía a partir de fuentes renovables, los nuevos materiales y la tecnología de los residuos. Por último, la tecnología de la información, cuyas principales actuaciones giran en torno al software, la microelectrónica y las telecomunicaciones.

Universidad de Huelva 2009

Todas estas actuaciones recibirán el apoyo de diversas políticas de incentivos, que se reconoce deben ser altamente selectivas. Además, se debe colaborar en la creación de centros de asesoramiento tecnológico para la investigación aplicada que deben ir acompañados de una red capilar de centros de difusión tecnológica[48]. Con este objetivo, en el posterior Plan Industrial para Andalucía, se establece el Centro Andaluz de Servicios Tecnológicos Aplicados (CASTA), que será objeto de estudio más adelante.

Una vez descritas las características y líneas de actuación prioritarias del Programa C6 queremos resaltar que, dentro de la jerarquía del PADE II, dicho programa forma parte de uno de los bloques de actuaciones interdependientes, junto con Empleo y Capacitación Profesional, Agricultura y Pesca, e Industria, Comercio y Turismo. Además, es uno de los dos programas cuya sinergia y contribución a los objetivos generales del PADE II es superior a la media, junto con Industria, Comercio y Turismo. Ocupa el segundo puesto en sinergia, por detrás de éste último, y el segundo también en contribución a los objetivos, por detrás de Transportes y Comunicaciones[49].

Las previsiones presupuestarias para la realización de este programa en el período 1991–1994 quedan recogidas en el Cuadro 4.3, en el que podemos ver la distribución por subprogramas de los gastos para el período de vigencia del Plan, su peso relativo en el conjunto del programa y en el conjunto del PADE II, la Consejería responsable de su ejecución y el

[48] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), p. 185.

[49] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), pp. 258–259.

Universidad de Huelva 2009

porcentaje del Programa C6 que desarrolla cada una de ellas. También hacemos alusión a aquellos instrumentos de determinados subprogramas específicamente relacionados con las actividades de investigación o con el sistema científico y tecnológico, cuyos datos los expresamos entre paréntesis bajo los del subprograma al que pertenecen.

CUADRO. 4.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS DEL PADE II POR PROGRAMAS: PROGRAMA C6. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO Y ESTUDIOS.

SUBPROGRAMA		Consejería (1) (2)	CUANTIA (10^6 Pta.)	% sobre programa	% SOBRE TOTAL
8	Planificación de Acciones Integradas de Ecodesarrollo	CCMA (7.45)	3.074.6	7.45	0.22
14	Investigación, extensión y formación agrarias	CAP (18.36)	6.993.0	16.95	0.51
	(Proyectos de Investigación)		(2.307.5)	(5.59)	(0.17)
16	Información y divulgación del estado de la agricultura andaluza		583.7	1.41	0.04
25	Mejora de la competitividad	CEH (24.25)	10.009.8	24.25	0.73
	(Desarrollo del Sistema Científico y Tecnológico)		(7.005.4)	(16.97)	(0.51)
36	Ordenación del territorio y cartografía	COPT (5.63)	2.321.6	5.63	0.17
58	Plan Estadístico de Andalucía	CP (0.69)	286.0	0.69	0.02
65	Investigación y Desarrollo en Universidades y Centros de Investigación (PAI)	CEC (43.62)	18.001.0	43.62	1.31
TOTAL PROGRAMA C6			**41.269,8**	**100,00**	**3,00**

(1)Leyenda: CCMA, Consejería de Cultura y Medio Ambiente; CAP, Consejería de Agricultura y Pesca; CEH, Consejería de Economía y Hacienda; COPT, Consejería de Obras Públicas y Transportes; CP, Consejería de la Presidencia; CEC, Consejería de Educación y Ciencia.
(2)Entre paréntesis la participación porcentual de cada Consejería en el programa C6.
Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), pp. 276–277 y elaboración propia.

En términos generales, podemos decir que a las actividades de I+D sólo se dedica un 3% de los recursos del PADE II, cantidad de la que las dos terceras partes (el 1,99% de los recursos del PADE II) se dedican a diversas actividades de investigación y desarrollo y al sistema científico y tecnológico, repartidas entre las Consejerías de Educación y Ciencia (el 43,62%) a través del Plan Andaluz de Investigación, su único instrumento en este subprograma, la de Economía y Hacienda (el 16,97%) a través del

Universidad de Huelva 2009

Desarrollo del sistema Científico y Tecnológico, y la de Agricultura y Pesca (el 5,59%) a través de Proyectos de Investigación Agrarios.

Atendiendo a las actividades realizadas a través de los diferentes instrumentos, podemos afirmar que los subprogramas 16, 36 y 58 se dedican fundamentalmente a estudios metodológicos y realización de estadísticas y edición y difusión de las publicaciones y estudios realizados, lo que representa apenas el 0,23% de los recursos totales del Plan y no llega al 8% de los destinados al Programa de I+D y Estudios.

Como podemos comprobar en el Cuadro 4.4, la distribución anual, tanto de los gastos totales del programa como de los diferentes subprogramas, es creciente a lo largo del período, con un considerable aumento de 1991 a 1992 y crecimientos más suaves en años sucesivos, lo que permitiría satisfacer una demanda de ayudas a diferentes acciones, creciente en el tiempo. Sin embargo, si calculamos el reparto porcentual de los fondos anuales entre los distintos subprogramas e instrumentos, observamos como la participación de las actividades de I+D y del Sistema Científico y Tecnológico ganan peso en el tiempo, pasando del 61% de 1991 al 68,5% de 1994. Esta evolución se debe especialmente al aumento de la participación del Plan Andaluz de Investigación (Subprograma 65), que pasa del 40% al 45% y en menor medida al Desarrollo del Sistema Científico y Tecnológico, que incrementa del 15% a algo más del 17,6%. Por el contrario, la dotación a los Proyectos de Investigación Agrícola desciende ligeramente del 6% al 5,6%, y se había situado ligeramente por debajo (el 5,45%) para 1992.

Universidad de Huelva 2009

Es decir, el Plan Andaluz de Investigación, no sólo es el instrumento más importante de la planificación económica regional para la configuración del STCI, sino que va ganando importancia en el tiempo, lo que significa que la evolución, los aciertos y errores en el diseño y la ejecución del PAI condicionarán, si no determinarán, la evolución, los aciertos y los errores en la estructuración del SCTI andaluz.

CUADRO. 4.4. DISTRIBUCIÓN ANUAL DE LOS RECURSOS DEL PADE II POR PROGRAMAS: PROGRAMA C6. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO Y ESTUDIOS.
DISTRIBUCIÓN POR SUBPROGRAMAS EN MILLONES DE PTAS.

	SUBPROGRAMA	Consejería (1)	1991	1992	1993	1994	TOTAL
8	Planificación de Acciones Integradas de Ecodesarrollo	CCMA	418.0	847.5	877.9	931.2	**3.074,6**
14	Investigación. extensión y formación agrarias	CAP	1.130.0	1.838.9	1930.3	2.093.8	**6.993,0**
	(Proyectos de Investigación)		(372.8)	(592.7)	(637.3)	(704.7)	**(2.307,5)**
16	Información y divulgación del estado de la agricultura andaluza		125.2	146.9	152.0	159.6	**583,7**
25	Mejora de la competitividad	CEH	1.534.4	2.703.2	2.801.1	2.971.1	**10.009,8**
	(Desarrollo del Sistema Científico y Tecnológico)		(922.8)	(1.859.5)	(2.000.8)	(2.222.3)	**(7.005,4)**
36	Ordenación del territorio y cartografía	COPT	462.5	602.6	613.8	642.7	**2.321,6**
58	Plan Estadístico de Andalucía	CP	0.0	92.7	94.4	98.9	**286,0**
65	Investigación y Desarrollo en Universidades y Centros de Investigación (PAI)	CEC	2.451.0	4.650.0	5.200.0	5.700.0	**18.001,0**
	TOTAL PROGRAMA C6		**6.121,1**	**10.881,8**	**11.669,5**	**12.597,3**	**41.269,8**

(1)Leyenda: CCMA, Consejería de Cultura y Medio Ambiente; CAP, Consejería de Agricultura y Pesca; CEH, Consejería de Economía y Hacienda; COPT, Consejería de Obras Públicas y Transportes; CP, Consejería de la Presidencia; CEC, Consejería de Educación y Ciencia.
Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), pp. 343–349.

d) El Plan Industrial de Andalucía 1994–1997

La continuación en la planificación económica de la Junta de Andalucía la constituye el Programa Industrial para Andalucía 1994–1997 (PIA), en el que al analizar la situación de la industria andaluza dentro de

Universidad de Huelva 2009

su estructura productiva, se considera la tecnología como un rasgo básico más de la industria andaluza, otorgándole un tratamiento semejante al que reciben la localización, la especialización y la articulación productivas, el tamaño de las empresas, la productividad y el sector público empresarial. Además, dentro de la enumeración en el Capítulo II de las diferentes líneas de la Política Industrial, la tercera de ellas hace referencia a la modernización tecnológica, prestando atención no sólo a la renovación tecnológica, sino también a la innovación y la difusión, y se corresponde con el Subprograma D de la Previsión Presupuestaria. Este análisis completo de la tecnología y su importancia para la industria y la economía andaluza en su conjunto, se ve complementado con la atención prestada a los aspectos tecnológicos desde programas y actuaciones no directamente relacionados con la innovación, como son la modernización empresarial y la creación de infraestructuras industriales.

Ya en la presentación oficial del PIA, se reconoce que "el tejido industrial andaluz, aún aceptándose la existencia de ciertos enclaves tecnológicamente avanzados e integrados con redes comerciales extrarregionales, sigue padeciendo un evidente desfase tecnológico que dificulta su capacidad de adaptación a las condiciones que imponen los cambios acaecidos en la economía internacional" como uno de los factores "que han determinado que Andalucía se encuentre en la actualidad en una posición intermedia entre las áreas con una alta capacidad tecnológica y la ventaja salarial que presentan los países menos desarrollados" y que son los que explican y "definen esa mayor debilidad de la industria [andaluza] en relación con otros países y/o regiones de su entorno económico". A continuación, se añaden al ya mencionado atraso tecnológico, factores

Universidad de Huelva 2009

como la deficiente articulación del sistema productivo, tanto en la propia región como con el exterior, la escasa cualificación de los recursos humanos y el reducido tamaño de las empresas[50].

Este diagnóstico se complementa en el propio PIA, en el que se mantiene que el menor desarrollo tecnológico relativo que mantienen las industrias andaluzas se observa no sólo en el grado de incorporación y de producción de nuevas tecnologías, sino también en la capacidad de investigación de las empresas. Además, se añade que esta situación es debida no sólo a las características y naturaleza propias de las industrias instaladas en Andalucía, sino también al escaso volumen de inversión que las empresas realizan en investigación y desarrollo tecnológico.

Acudiendo a los datos del Inventario de Recursos Tecnológicos de Andalucía (IRTA) y al registro de patentes, pone de manifiesto no sólo el escaso número de empresas con cierta cualificación tecnológica (unas 480) y la anecdótica producción de tecnología (0,39 patentes desarrolladas por empresa y año), sino que además estas empresas están concentradas en actividades tradicionales, de escaso potencial tecnológico y reducido dinamismo de la demanda[51].

Para hacer frente a este retraso, se proponen acciones desde diversos programas. Por ejemplo, en cuanto se refiere a la modernización empresarial, cuyos objetivos son de aumento de la competitividad y financieros (evitar la discriminación por razón de tamaño de las PYME andaluzas en los mercados de capitales), se reconoce la necesidad de

[50] PASCUAL CEVALLOS (1994), pp. 17–20.

[51] JUNTA DE ANDALUCÍA (1994), pp. 47–48.

Universidad de Huelva 2009

incorporar y adaptar las tecnologías más adecuadas a los procesos productivos para alcanzar el objetivo de la competitividad, lo que requiere la cooperación empresarial, que podría estructurarse a través de los Centros Empresariales de Servicios Avanzados (CESA), entre cuyos objetivos estaría proporcionar información sobre tecnología en sus diversos aspectos[52]. También en las Políticas de Infraestructura Industrial se presta atención, dentro del apartado de suelo industrial, al papel que juegan los parques tecnológicos como "medios de innovación" que actúen como "puntas de lanza en la expansión de las tecnologías avanzadas y la investigación aplicada en la región"[53].

Pero el tratamiento sistematizado y profundo de todos estos aspectos se lleva a cabo en el capítulo dedicado a las Políticas de Modernización Tecnológica. En la introducción a su análisis se reconoce que el aumento de la competitividad de la producción andaluza y la mejora en la retribución de los factores, requieren conformar y adaptar las funciones de producción de manera que se alcance una mayor eficiencia productiva, siendo necesario para lograr tal objetivo avanzar en dos vías complementarias e interrelacionadas, como son la mejora organizativa de la actividad productiva y la modernización tecnológica, y en especial ésta última, por cuanto determina la productividad así como la posición relativa de una región en el espacio económico mundial. Para conseguir un sustento duradero de la modernización tecnológica, es decir una continua transformación del sistema productivo, se requiere incorporar las nuevas tecnologías, transferir sus resultados y disponer de recursos humanos

[52] JUNTA DE ANDALUCÍA (1994), pp. 89–90 y PASCUAL CEVALLOS (1994), pp. 41–43.

[53] PASCUAL CEVALLOS (1994), pp. 61–62.

Universidad de Huelva 2009

suficientemente cualificados para llevar a cabo las tareas necesarias. Por ello, debe atenderse a tres pilares fundamentales, la formación, el esfuerzo investigador para obtener innovaciones y el establecimiento de mecanismos de transferencia para que los resultados del esfuerzo innovador se trasladen al tejido productivo[54].

Alcanzar la modernización tecnológica significa impulsar y crear en la región un tejido productivo tecnológico que permita no sólo la renovación de los equipos sino que permita y favorezca tanto la generación de nuevas tecnologías y productos como su incorporación generalizada en el sistema productivo. Es decir, se trata no sólo de encontrar resultados tangibles del proceso de investigación y desarrollo tecnológico, sino que además esos resultados deben poder transformarse en mercancías de éxito en los mercados. Para alcanzar este objetivo final se establecen unos fines intermedios que permitan superar la "limitada capacidad del tejido empresarial andaluz para generar y asimilar tanto las nuevas tecnologías como las ya consolidadas, [lo que] determina la necesidad de coordinar la captación de tecnologías foráneas con la generación de las propias, [de modo que] pueda contar con la presencia de empresas dotadas de tecnologías avanzadas en aquellos sectores considerados estratégicos, bien por la capacidad para difundir entre ellos las tecnologías que emplea, bien porque tengan un potencial real para articularse con otras empresas situadas o situables en la región"[55].

[54] JUNTA DE ANDALUCÍA (1994), p. 101.

[55] *Ibidem*.

Universidad de Huelva 2009

Los objetivos intermedios antes mencionados son tres. En primer lugar la renovación tecnológica del tejido productivo con el fin de mejorar la productividad y dirigida a las siguientes cuatro líneas de actuación: renovación y modernización de maquinaria y equipos de producción, incorporación de nuevas tecnologías (en especial la robótica, la automatización avanzada y las máquinas y herramientas de control numérico), la racionalización energética y la incorporación de tecnología respetuosa con el medioambiente.

En segundo lugar, la innovación tecnológica, sin la cual una región a lo más que puede aspirar es a imitar las tecnologías ya existentes en otras más avanzadas y a lo sumo a obtener ventajas de costes, pero no conseguir niveles elevados de competitividad. Para ello se requiere transformar el aprendizaje previo en creación, de modo que se puedan transformar los productos y los sistemas productivos más antiguos y encontrar así nuevas vías para afirmar la competitividad de sistema productivo regional. También se realiza un análisis de la situación que, a grandes rasgos, venía a confirmar todos los realizados por otros investigadores y señalaba la debilidad del esfuerzo investigador, los desequilibrios en la participación de los agentes (peso excesivo de Universidades y Administración Pública, en detrimento de las empresas), la orientación hacia los sectores más tradicionales y la escasa relación del potencial investigador con los conocimientos tecnológicos requeridos por el sistema productivo. A la luz de este análisis y de los resultados de las actuaciones llevadas a cabo hasta la fecha (PAI I, Convenios de I+D y actuación del CDTI), se plantea la realización por la Junta de Andalucía de un nuevo Plan Andaluz de Investigación 1994–1997, que no llegó a ver la luz hasta el período 1996–

Universidad de Huelva 2009

1999 (PAI II), quedando así un período entre ambos planes en el que no existía una clara planificación de la política científica y tecnológica por parte de la administración regional.

En tercer lugar, fomentar y potenciar la transferencia al sistema productivo de los conocimientos e innovaciones tecnológicos generados en las etapas más altas del proceso de I+D, puesto que "son esenciales para el desarrollo tecnológico y, por ende, económico de cualquier sociedad. En una región industrialmente poco desarrollada como Andalucía, además pueden adquirir una especial relevancia tanto para la modernización del aparato productivo como para su expansión"[56]. Este proceso de transferencia requiere que exista un acervo de conocimientos científicos y tecnológicos, una información adecuada sobre los mismos y que la sustitución de los viejos sistemas por las innovaciones sea competitiva y rentable.

Para mejorar la capacidad de transferencia de tecnología se proyecta la creación del Centro Andaluz de Servicios Tecnológicos Aplicados (CASTA), con el doble objetivo de "elevar el nivel tecnológico de empresas específicas y aumentar la capacidad competitiva de las empresas andaluzas en su conjunto"[57]. Las actuaciones CASTA son de carácter más general que las realizadas por una empresa de consultoría técnica, que serían, por el contrario, extremadamente detalladas y específicas, aplicables a una situación concreta. Pero al mismo tiempo, serán mucho más concretas que la simple provisión indiscriminada de conocimientos de un

[56] JUNTA DE ANDALUCÍA (1994), p. 107.

[57] *Ibidem*, p. 108.

Universidad de Huelva 2009

centro de información tecnológica, y se pretende que realice tres tipos de funciones.

En primer lugar, ayudar a las PYME a diagnosticar sus problemas de carácter tecnológico, para a continuación ayudarlas a su resolución, de forma que las intervenciones tengan un efecto positivo y permanente sobre la supervivencia a largo plazo de la empresa.

En segundo lugar, desarrollar actividades de diagnóstico genérico que permitan conocer la naturaleza y características de problemas específicos que afecten a sectores y colectivos sustanciales de PYME, para a partir del diagnóstico preparar productos y servicios que supongan soluciones susceptibles de llegar de forma individualizada pero masiva a la mayor parte de las empresas que tengan los problemas detectados. Destacan aquí las acciones encaminadas a detectar problemas y oportunidades tecnológicas y la preparación de paquetes o tecnologías horizontales, adaptables a las peculiaridades de cada empresa.

Por último, actuar como instrumento de coordinación entre los distintos grupos de investigadores, centros e institutos de investigación y las necesidades de innovación tecnológica de las empresas. Para ello, deberá conocer los resultados de la investigación y transferirlos a las empresas, así como detectar las necesidades de éstas y comunicárselas a centros y grupos de investigación.

En cuanto se refiere a las previsiones de dotación presupuestaria, quedan recogidas en el Cuadro 4.5.

Universidad de Huelva 2009

CUADRO 4.5. PREVISIÓN ECONÓMICA DEL PIA 1994–1997 (EN 10⁶ PTAS.)
SUBPROGRAMA D. MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA

ACCIONES	CENTROS GESTORES	1994	1995	1996	1997	TOTAL
Modernización de los procesos de producción (renovación e incorporación tecnológica) y racionalización energética	D. G. Energía y Minas / IFA	1.605	1.765	1.940	2.100	7.410
Servicios Avanzados de Telecomunicaciones	IFA	30	37	43	50	160
Programa de investigación aplicada	D. G. Industria. Energía y Minas	710	813	924	1.053	3.500
Centro Andaluz de Servicios Tecnológicos Aplicados	IFA	200	75	25		300
Apoyo a la incorporación de tecnología medioambiental	AMA	200	215	235	250	900
TOTAL SUBPROGRAMA D		**2.745**	**2.905**	**3.167**	**3.453**	**12.720**

Leyenda: AMA: Agencia del Medio Ambiente; IFA: Instituto de Fomento de Andalucía.
Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA (1994): *Programa Industrial para Andalucía*, p. 186.

Como podemos comprobar, las actuaciones en materia de innovación tecnológica dentro del PIA se centran en el apoyo a la modernización de los procesos productivos y en muy menor medida al apoyo a la investigación aplicada. Las actividades de investigación básica y el conjunto de la I+D se quedan bajo la competencia del PAI. Además, el Programa Industrial, presta una atención residual a otros aspectos como las telecomunicaciones, los servicios tecnológicos y los sistemas de producción más respetuosos con el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Bajo este prisma, no deben sorprendernos las conclusiones de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas (Resultados de Andalucía), para 1998, Tabla de Principales Resultados[58]. En dicha tabla se pone de manifiesto que, con la excepción de los ordenadores e interne–correo electrónico, entre el 75% y el 90% de las empresas andaluzas no utilizan las tecnologías más avanzadas de la producción y en casos concretos como los sistemas "justo a

[58] IEA (2001), pp. 27–28.

Universidad de Huelva 2009

tiempo", las tecnologías láser y los robot "coger y colocar" son más del 95% las empresas que no los utilizan.

e) La planificación vigente: el II Programa Industrial para Andalucía y el Plan Económico Andalucía Horizonte 2000.

A medida que ha transcurrido el tiempo se ha ido produciendo una mayor coordinación entre las distintas políticas así como una mayor sensibilidad por las cuestiones tecnológicas y de innovación. Y ello fundamentalmente por la toma de conciencia del cambio en la realidad económica que hacen de la innovación un elemento clave para la competitividad de la economía andaluza y, por tanto, de la capacidad para generar desarrollo económico, empleo y bienestar, objetivo último de la planificación[59].

También se reconoce, por un lado, que la capacidad competitiva de las economías depende cada vez más del potencial de innovación tecnológica y de su transferencia a la mejora de los procesos de producción de bienes y servicios. Y por otro, que el potencial de innovación está estrechamente relacionado con el esfuerzo financiero en I+D (público y privado), las políticas públicas de apoyo y la disponibilidad de capital humano. Por ello concluye que la adaptación del sistema productivo regional a las

---

[59] En el II Programa Industrial para Andalucía se afirma que el objetivo central es el fortalecimiento del tejido industrial al servicio de una mejor articulación de la economía andaluza. JUNTA DE ANDALUCÍA (1999), p. 11.

En esta misma línea, el Plan Andalucía Horizonte 2000 reconoce que los cambios tecnológicos son un elemento característico del nuevo escenario de la economía mundial. Así mismo, define la innovación como un medio para alcanzar el objetivo intermedio de mejorar la competitividad, lo que contribuye al desarrollo sostenible y especialmente a la generación de empleo, objetivo último del Plan. JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), pp. 9–11 y p. 92.

Universidad de Huelva 2009

condiciones de competitividad del contexto económico en el que se integra requiere la ampliación de la actividad pública y privada de I+D, así como una mayor cooperación entre las mismas. Es decir, intensificar tanto las actuaciones como la conexión entre el sistema de innovación y los requerimientos y necesidades del sistema productivo[60].

En cuanto al análisis del sistema tecnológico y las actividades innovadoras en Andalucía, tanto el Plan Horizonte 2000 como el Programa Industrial reconocen que, pese a los esfuerzos realizados y el camino recorrido en los últimos años, la situación andaluza sigue caracterizándose por su bajo nivel tanto de producción como de utilización de tecnología y por la existencia de debilidades y limitaciones que han dificultado que las políticas adaptadas hayan tenido todo el efecto que de ellas cabía esperar. Estas características pueden resumirse en[61]:

- Producción modesta y baja utilización de innovaciones en Andalucía.
- Limitados recursos destinados a la I+D, inferiores a la media nacional (prácticamente el 1% del PIB, aunque sin llegar a alcanzarlo) y muy inferiores tanto a la media de la UE (aproximadamente el 2%) como, especialmente de los países más avanzados (Japón, EE.UU.) que se sitúan en torno al 3%. Además los recursos directamente destinados por las empresas son prácticamente residuales.

[60] JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), pp. 67–68.

[61] Véase JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), p. 68 y JUNTA DE ANDALUCÍA (1999), p. 33. En este último, más adelante (p. 49) se afirma que "el análisis de la situación tecnológica ha puesto de manifiesto su bajo nivel respecto a regiones más desarrolladas, siendo lo más significativo no tanto la limitada base tecnológica instalada como la escasa propensión a la I+D de las empresas andaluzas".

Universidad de Huelva 2009

- Base tecnológica débil, lo que genera menores niveles de producto aplicando los mismos factores, y afecta negativamente la capacidad de competir y, por tanto, de generar riqueza y empleo.

- Falta de conexión y de comunicación recíproca entre los centros de investigación (excesivamente sesgados hacia las Administraciones Públicas y las Universidades) y el sistema productivo.

- Escasa participación en programas nacionales e internacionales de promoción tecnológica industrial.

- Reducida presencia de instituciones del llamado "entorno tecnológico", que generan y/o adaptan tecnologías próximas a su aplicación industrial.

En el Plan Andaluz Horizonte 2000 la investigación científica y el desarrollo tecnológico forman parte de las políticas de factores productivos pues permite incrementar su productividad[62]. No obstante también se les presta atención desde las políticas de tejido empresarial con el objetivo de mejorar la competitividad empresarial a través de la realización de programas de innovación y desarrollo tecnológico así como de la participación en programas nacionales y europeos[63].

Al referirse a las políticas de factores productivos se vuelve a insistir tanto en el diagnóstico que ya hemos presentado, como en que la investigación científica y el desarrollo tecnológico constituyen una condición básica para el desarrollo económico y social de Andalucía,

[62] JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), Capítulo 5, epígrafe 5.3, pp. 152–165.

[63] JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), p. 127.

Universidad de Huelva 2009

especialmente en la medida en que se trata de una economía cada vez más integrada en el contexto internacional de globalización económica y creciente competitividad. Se señala igualmente la importancia no sólo de la capacidad para generar, sino también para asimilar nuevas tecnologías, la búsqueda de una mayor eficiencia productiva y la necesidad de articulación de la investigación y de la producción con el espacio económico y tecnológico dominante. Por ello, plantea una serie de actuaciones para la modernización tecnológica de Andalucía centradas en tres ejes: incorporación del acervo tecnológico más innovador, investigación y desarrollo y transferencia de tecnología. Con ellas se espera corregir las limitaciones ya planteadas, en especial, la excesiva concentración de la capacidad investigadora en áreas escasamente conectadas con las necesidades tecnológicas del tejido empresarial. Es decir, mejorar la conexión entre oferta y demanda de tecnología[64].

En el Cuadro 4.6 recogemos la Programación Financiera del Plan Económico para Andalucía Horizonte 2000 en aquellas líneas que afectan, directa o indirectamente a la innovación. En él podemos comprobar como las políticas directas de I+D, cuya planificación y ejecución están delegadas en el PAI, apenas representan el 1,25% del total de asignación presupuestaria para el PEA Horizonte 2000. Las políticas complementarias de apoyo a la infraestructura y servicios de telecomunicaciones no llegan al 0,5%. El grueso de las actuaciones se encuentra en la política complementaria de infraestructura de soporte de la actividad económica, que representa más del 17%. Su vinculación con la innovación puede parecer muy lejana. No obstante tiene la capacidad de articular y vertebrar

[64] JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), pp. 152–155.

Universidad de Huelva 2009

el sistema productivo, lo que acabará facilitando tanto la generación de innovaciones y la cooperación entre empresas, como la difusión y generalización del uso de las innovaciones, en especial las incorporadas en los inputs intermedios.

CUADRO 4.6. PROGRAMACIÓN FINANCIERA DEL PEA 2000 (10^6 PTA.)

POLÍTICAS	1998	1999	2000	TOTAL
A POLÍTICAS DE FACTORES PRODUCTIVOS	137.662,7	151.735,9	160.374,4	449.773,0
03 Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico	3.999,7 (1,1%)	4.913,4 (1,28%)	5.395,1 (1,32%)	14.306,2 (1,24%)
04 Infraestructura de soporte a la actividad económica	62.126,4 (17,15%)	68.843,7 (17,88%)	70.677,2 (17,23%)	201.647,3 (17,42%)
05 Infraestructura y servicios de telecomunicaciones	1.642,0 (0,45%)	1.765,8 (0,46%)	1.903,9 (0,46%)	5.311,7 (0,46%)
TOTAL ASIGNACIÓN PEA 2000	**362.172,7**	**384.975,4**	**410.131,6**	**1.157.279,9**

Fuente: JUNTA DE ANDALUCÍA (1998), p. 358 y elaboración propia.

El diseño de las líneas de actuación y las orientaciones estratégicas, las confía al Plan Andaluz de Investigación por cuanto se refiere a la política de I+D y al Programa Industrial para Andalucía en aquellos aspectos relacionados con la política industrial. No obstante, desde el Plan Horizonte 2000 se establecen las siguientes directrices[65]:

- Potenciar el sistema andaluz de investigación con criterios de calidad científica, oportunidad tecnológica y cooperación institucional.
- Orientar la investigación a las necesidades del sistema productivo andaluz.
- Apoyo a la modernización tecnológica del sistema productivo.

[65] JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b), pp.156–158.

Universidad de Huelva 2009

- Mejora de la cualificación de los recursos humanos en relación con las necesidades de las empresas.

Desde el II Programa Industrial para Andalucía se insiste, por un lado, en el carácter sistemático e interactivo y acumulativo de la innovación y, por otro, en su concepción más como conocimiento que como información, lo que dificulta su transmisión[66]. Por otro lado, plantea la política tecnológica como elemento que permita modificar y mejorar no sólo la competitividad sino también el entorno empresarial de forma que los agentes empresariales modifiquen su comportamiento con decisiones capaces de generar efectos externos que promuevan el crecimiento económico[67].

Para ello, a partir de la insistencia en la insuficiente relación entre investigación científica e innovación industrial plantea la necesidad de impulsar la cooperación en las actividades innovadoras. De una parte entre empresas, no sólo en actividades de I+D sino también en patentes, transferencia de tecnología, desarrollo común de programas de investigación, así como en diversos aspectos productivos y comerciales. De otra, entre empresas y grupos de investigación para aprovechar la producción científica y tecnológica ya existente y, especialmente, para el desarrollo de futuros proyectos conjuntos[68].

Por último, queremos destacar la vocación de coordinación entre distintas políticas y actuaciones públicas. Ya en el del Plan Horizonte 2000,

[66] JUNTA DE ANDALUCÍA (1999), pp. 73–74.

[67] JUNTA DE ANDALUCÍA (1999), p. 57.

[68] JUNTA DE ANDALUCÍA (1999), PP. 61–76.

Universidad de Huelva 2009

se deja el diseño de las líneas de actuación y las orientaciones estratégicas en I+D al Plan Andaluz de Investigación en I+D y al Programa Industrial para Andalucía los aspectos relacionados con la industria. Siguiendo esta misma línea, desde este último se destaca la conexión con el PAI en aquellos aspectos que están relacionados con la I+D y que son abordados por el Programa Industrial[69].

CUADRO 4.7. ESCENARIO FINANCIERO DEL PIA II 1998–2001 (10^6 PTA.)

ESTRATEGIAS	1998	1999	2000	2001	TOTAL
Fomento de la calidad	857.6 (1.5%)	578.3 (0.96%)	607.3 (0.96%)	625.5 (0.96%)	2.668.7 (1.08%)
Impulsar la cooperación empresarial	3.483.0 (6.07%)	2.858.7 (4.29%)	2715.0 (4.29%)	2.796.5 (4.29%)	11.580.2 (4.71%)
Mejorar el diseño industrial	150.0 (0.26%)	122.5 (0.2%)	128.6 (0.2%)	132.4 (0.2%)	533.5 (0.22%)
Facilitar el acceso a las redes de información	50.0 (0.09%)	40.8 (0.07%)	42.9 (0.07%)	44.2 (0.07%)	177.9 (0.07%)
TOTAL ACCIONES COMPLEMENTARIAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	4.540.6 (7.92%)	3.327.3 (5.52%)	3.493.8 (5.52%)	3.598.6 (5.52%)	14.960.3 (6.19%)
Promover una cultura de la innovación en la industria	3.266.3 (5.69%)	810.0 (1.34%)	850.5 (1.34%)	876.0 (1.34%)	5.802.8 (2.36%)
Actualizar la tecnología utilizada por las empresas industriales	4.069.0 (7.09%)	2.533.4 (4.21%)	2.660.1 (4.21%)	2.839.9 (4.21%)	12.002,4 (4.88%)
Acrecentar la generación de innovación tecnológica	5.263.0 (9.17%)	3.185.4 (5.29%)	3.344.6 (5.29%)	3.445.0 (5.29%)	15.238.0 (6.19%)
TOTAL ACCIONES DIRECTAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	12.598.3 (21.96%)	6.528.8 (10.84%)	6.855.2 (10.84%)	7.060.9 (10.84%)	33.043.2 (13.43%)
TOTAL PIA II	**57.365,9**	**60.234,3**	**63.245,9**	**65.143,4**	**245.989,5**

Fuente: JUNTA DE ANDALUCIA (1999), p. 151 y elaboración propia.

En cuanto se refiere a las dotaciones presupuestarias del II Programa Industrial para Andalucía (PIA II), y las líneas de actuación concretas, quedan recogidas en el Cuadro 4.7. En él podemos observar cómo las acciones directas de innovación tecnológica suponen el 13,5% del

[69] JUNTA DE ANDALUCÍA (1999), pp. 77–78.

Universidad de Huelva 2009

presupuesto total del programa y las complementarias el 6%; en conjunto casi el 20%. En general, vemos como desde el PIA II se presta especial atención a favorecer la concienciación de los agentes económicos respecto a los beneficios derivados de la innovación tecnológica y a facilitar el acceso a la información tecnológica así como ayudar a la sustitución de las tecnologías más atrasadas por otras más innovadoras. Estos objetivos y estrategias deberían mejorar las deficiencias encontradas en la encuesta sobre actividades de innovación tecnológica en las empresas (Cuadro de principales resultados), que ya hemos destacado al hablar del primer PIA. No obstante, sus resultados no podrán evaluarse hasta que no dispongamos de una nueva edición de la mencionada encuesta.

4.3. LA POLÍTICA CIENTÍFICA EN EL SCTI ANDALUZ[70].

Pero en la configuración del Sistema Ciencia–Tecnología andaluz ocupan un lugar preferente las actuaciones en materia de política científica y de investigación llevadas a cabo por la Consejería de Educación y Ciencia[71]. Desde esta perspectiva, la estructuración en el tiempo de dicho sistema ciencia–tecnología debe dividirse en las distintas etapas que ya hemos mencionado y que van desde el pionero Programa de Política

[70] Este análisis ya lo hemos aboredado profusamente en trabajos anteriores. Los epigrafes 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 son en buena medida el fruto especialmente de una parte del trabajo que presentamos en PALMA, GARCÍA Y RODRIGUEZ (1997).

[71] Aunque las competencias del Plan Andaluz de Investigación han sido competencia de la mencionada Consejería en casi todo el periodo de vigencia, existe un pequeño intervalo en que fueron asignadas a la Consejería de Industria, Comercio y Turismo. Este subperiodo se inicia con la constitución del nuevo Gobierno tras las elecciones de junio de 1994 en que Antonio Pascual Acosta pasa de ser Consejero de Educación y Ciencia a serlo de Industria, Comercio y Turismo y finaliza cuando, tras su dimisión, es reasignado a la Consejería de Educación y Ciencia en octubre de 1995.

Universidad de Huelva 2009

Científica para el cuatrienio 1984–1987 hasta el segundo Plan Andaluz de Investigación, cuya vigencia se ha extendido desde 1996 a 1999, y una última, marcada por el tercer Plan Andaluz de Investigación para el cuatrienio 2000–2003.

4.3.1. El Programa de Política Científica (1984–1987)

La Comunidad Autónoma de Andalucía, de acuerdo con el Estatuto de Autonomía tiene competencias exclusivas en investigación, conferidas orgánicamente a la Consejería de Educación y Ciencia. Ésta, consciente de la importancia estratégica de la I+D, estableció como uno de sus objetivos prioritarios el desarrollo de la política científica en todos sus niveles, para lo cual diseñó el Programa de Política Científica 1984–1987, establecido por Decreto 206/1984. Con el mismo se pretendía integrar la Ciencia y la Tecnología en un sistema coherente orientado hacia el desarrollo económico y social de Andalucía y constituye el marco inicial para la realización y coordinación de todas las acciones de política científica por parte del Gobierno regional.

El Programa se estableció bajo una doble óptica: por un lado, cubrir las exigencias sociales, teniendo presente la importancia de la investigación como elemento para superar la crisis y, por otro, subsanar las principales carencias que sufría la actividad investigadora en la Comunidad Autónoma.

Para el bienio 1984–86 las líneas prioritarias de Investigación fueron las siguientes: Acuicultura; Biotecnología; Energías Renovables y Ahorro Energético; Microelectrónica; Recursos Naturales, Aprovechamiento y

Universidad de Huelva 2009

Transformación Integral; Recuperación del Patrimonio Histórico, Cultural, y Artístico Andaluz; Medio Ambiente; Producción Animal y Salud Pública.

No obstante, estas áreas tuvieron carácter provisional, ya que, aparte de los condicionantes estructurales que ofrece la propia investigación, la información relativa a las características de los procesos productivos y tecnológicos reales en Andalucía, así como la disponibilidad de medios para los mismos, era bastante desigual e incompleta. Quizás lo más destacable sea el objetivo fundamental que consistía en introducir racionalidad técnica, criterios de eficiencia y líneas prioritarias para el desarrollo andaluz como criterios para la asignación de fondos y el establecimiento de programas y líneas de actuación.

Debido a la adhesión de España a la Comunidad Europea, lo que implicaba un importante cambio en algunos de los sectores socioeconómicos de la región, el Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía acordó adoptar como línea prioritaria de investigación, junto a las anteriores, para el bienio 1986–87, una dedicada específicamente al estudio de las implicaciones para Andalucía del ingreso de España en las Comunidades Europeas.

El esfuerzo coordinador se materializa en un primer momento en el Decreto 206/1984 de 17 de julio de la Consejería de Educación y Ciencia en el que se establecen una serie de criterios de general utilización en las convocatorias de becas, ayudas, proyectos y programas de investigación científica y técnica de los distintos organismos competentes con el fin de lograr una coherencia en lo relativo a política científica y técnica.

Universidad de Huelva 2009

En relación con lo que acaba de señalarse, en el documento donde se resumen las acciones desarrolladas dentro del Programa de Política Científica en 1984, aparece como objetivo "la consecución de una ley de la ciencia y la tecnología de la propia Comunidad Autónoma que establezca, en profundidad, los mecanismos adecuados para la elaboración, ejecución, control y evaluación de los planes de investigación científica y técnica, así como las estructuras administrativas que faciliten y potencien la coordinación de la política científica tanto internamente como en relación con el Estado"[72].

CUADRO 4.8. PROGRAMA DE POLÍTICA CIENTÍFICA (1984–1987) (10^6 PTAS.)

AÑOS / ACCIONES	1984		1985		84/85	1986–1987		86–7/85
	Gasto	%	*Gasto*	%		*Gasto*	%	
Becas de Formación Personal Investigador*	98.28	23.59	170.04	20.70	1.73	191.52	18.00	1.13
Equipamiento Científico	285.00	69.41	185.90	22.60	0.65	793.60	74.70	4.25
Acciones de Política Científica	33.30	8.00	94.70	11.50	2.84	77.50	7.30	0.82
Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico	—	—	371.20	45.20	—	—	—	—
TOTAL	**416,58**	**100,00**	**821,84**	**100,00**	**1,97**	**1.062,62**	**100,00**	**1,29**

(*) En los datos no se incorpora el coste del seguro combinado que cubre a los becarios.
Fuente: Programa de Política Científica, 1984, 1985, 1986–87. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Reelaborado por MARTÍN y PALMA (1993), p. 213, Cuadro1.

Podríamos integrar los diferentes subprogramas en tres grandes áreas que quedan reflejadas en el Cuadro 4.8 bajo los siguientes tres epígrafes: Becas para la Formación del Personal Investigador, Equipamiento Científico, y Acciones de Política Científica. A ellas hay que añadir el subprograma de proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico que aparece en 1985 y no volverá a aparecer hasta 1988.

[72] JUNTA DE ANDALUCÍA (1985), p.17.

Universidad de Huelva 2009

Como valoración de este primer período en la andadura de la Política Científica en Andalucía, queremos resaltar las conclusiones que destacan Martín y Palma[73] a la vista del mencionado cuadro. En primer lugar, hay que señalar que el esfuerzo financiero realizado por la Junta de Andalucía ha sido creciente, casi duplicándose de los 416,58 millones concedidos en 1984 a los 821,84 asignados en 1985, aunque en el bienio 1986–1987 los fondos anuales sufrieron una importante reducción a tan sólo 1062,52 millones para los dos años.

Por otro lado, en cuanto se refiere a la dinámica de las partidas asignadas a los diferentes subprogramas observamos que cada uno de ellos ha sufrido una evolución particular. El subprograma que ha representado una mayor cuantía ha sido el de Dotación de Equipamiento Científico, especialmente en lo concerniente a infraestructura de investigación, fundamentalmente bibliotecas y apoyos informáticos. Esto es lógico si consideramos que en estos primeros años de diseño de la Política Científica era un objetivo básico dotar a los investigadores andaluces de una infraestructura inicial de la que, en general, carecían.

El subprograma de Acciones de Política Científica sigue una evolución más sostenida en el tiempo, en torno al 9%. También el subprograma de Formación del Personal Investigador se mantiene en torno al 20% del presupuesto total, aunque presenta una bajada del 23,5% en 1984 al 18% en el período 1986–1987.

En lo referente al subprograma de Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico, sólo está presente en el año 1985. Su aparición

[73] MARTÍN y PALMA (1993), pp. 213–214.

Universidad de Huelva 2009

corresponde con una importante reducción de la partida dedicada a Equipamiento e Infraestructura de Investigación, que recupera su importancia relativa en el período 1986–1987, fundamentalmente por las subvenciones para la Red Informática y Científica de Andalucía.

Como valoración final de estos primeros años de desarrollo de la política científica en Andalucía, destaca como principal virtualidad de este Programa, la progresiva revitalización del entorno investigador basándose en financiar necesidades hasta ese momento desatendidas. Además, con el mismo se inicia un proceso de dinamización en el impulso de la I+D[74].

4.3.2. El primer Plan Andaluz de Investigación (1990–1993)

Como resultado de la experiencia acumulada durante la vigencia del Programa de Política Científica (1984–1987), se hizo patente la necesidad de un instrumento que coordinase los programas sectoriales de la Comunidad Autónoma y permitiese una participación activa de Andalucía en programas y planes de investigación nacionales y europeos. La entrada en vigor del Plan Nacional de Investigación (1988–1991) no hizo sino reforzar la idea de que la elaboración de un Plan Andaluz de Investigación era bastante más que aconsejable, tanto para coordinar los distintos programas y actuaciones de ámbito andaluz, como para fomentar su participación activa en el desarrollo del mencionado Plan Nacional. Con este objetivo, en 1987, se crea por el Decreto 278/1987 de 11 de Noviembre, la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología y se

[74] HUERTAS (1989).

Universidad de Huelva 2009

establece la estructura organizativa básica del Plan Andaluz de Investigación[75].

La Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología se crea como el órgano encargado de la planificación, coordinación y seguimiento de la Investigación Científica y Técnica en Andalucía. Está constituida por un representante de cada una de las Consejerías con competencias sectoriales en investigación así como por el Director del Plan Andaluz de Investigación y presidida por el Consejero de Educación y Ciencia.

Junto a ella, y con el fin de asesorarla y de proponer los objetivos y líneas de actuación que se han de incorporar al Plan en cada área de investigación o ponencia del PAI, se crea, por el mismo Decreto, la Comisión Científica de Andalucía. Presidida por el Director del Plan, quedó formada por los siguientes vocales: un representante de la Consejería de Educación y Ciencia, un representante de las Universidades, designado por el Consejo Andaluz de Universidades, el Delegado del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Andalucía y, por último, un científico de reconocido prestigio en las áreas de Agroalimentación, Ciencias de la Vida, Ciencias Sociales y Humanísticas, Recursos Naturales y Medio Ambiente, Tecnologías de la Información y Tecnologías de la Producción[76].

---

[75] De hecho, en el preámbulo se establece que uno de los objetivos del Plan es la coordinación de los distintos programas sectoriales de la Comunidad Autónoma y fomentar la participación activa de Andalucía en el desarrollo del Plan Nacional de I+D.

[76] En el PAI II (1996–1999) pasó a llamarse Comisión de Evaluación Científica y Tecnológica de Andalucía. *Mantiene las funciones y la composición de un científico de reconocido prestigio* por ponencia y la presidencia sigue recayendo en el Director General de Investigación, pero desaparecen los representantes de la Consejería de Educación y Ciencia; de las Universidades y

Universidad de Huelva 2009

Por cada una de estas áreas se establece una ponencia formada por especialistas en la materia, presidida por el miembro de la Comisión Científica correspondiente, encargada de elaborar la documentación y de redactar los informes que sean sometidos a su consideración.

a) Las actuaciones en la etapa preparatoria del PAI I.

Además, al final de la etapa de vigencia del Programa de Política Científica, el marco en que se desarrollaba la política de investigación estaba cambiando. Por un lado, la incorporación de España a la CEE y por otro, las nuevas directrices señaladas en la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica y las actuaciones priorizadas por el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, hacen necesaria una acción coordinada que permita rentabilizar al máximo las inversiones y la infraestructura existente. En este contexto, el Plan Andaluz de Investigación se presenta como instrumento para fomentar y coordinar la investigación científica y técnica en Andalucía.

El PAI tenía como finalidad el progreso general del conocimiento y el avance de la innovación y desarrollo tecnológicos, con una especial orientación hacia los objetivos socioeconómicos establecidos en el Programa Andaluz de Desarrollo Económico 1987–1990. Asimismo, el Plan debería fijar las líneas generales de las actividades científicas y de desarrollo tecnológico de los Centros de Investigación de la Junta de Andalucía y de las actuaciones a realizar concertadamente con las

---

del CSIC.

Universidad de Huelva 2009

Universidades y demás Centros de Investigación, de carácter público o privado, ubicados en Andalucía[77].

Como instrumento que contribuyese a agilizar la comunicación entre la Comunidad Científica y los agentes sociales y económicos, se creó el Consejo Asesor para la Ciencia y la Tecnología de Andalucía[78]. Por un lado, constituía un órgano de participación de los agentes sociales y económicos en la planificación de las acciones de fomento de la investigación científica y técnica; por otro, un mecanismo que posibilitaba el diálogo en lo que se refiere a concepción, elaboración y evaluación del Plan Andaluz de Investigación[79]. Como misiones de este consejo se establecen las siguientes:

a. Asesorar a la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología en la elaboración del Plan Andaluz de Investigación;

b. Informar el Plan Andaluz y realizar su seguimiento, fundamentalmente en lo que se refiere a su repercusión socio–económica;

---

[77] MARTÍN y PALMA (1993), p. 215.

[78] Establecido por el Decreto 159/1988 de 19 de abril.

[79] Este Consejo Asesor para la Ciencia y la Tecnología tenía inicialmente una composición muy amplia. Presidido por el Consejero de Educación y Ciencia, estaba formado por dos representantes de las Asociaciones Empresariales, dos por las Centrales Sindicales, tres por el Parlamento Andaluz, dos por la Federación Andaluza de Municipios y Provincias, dos por los Consejos Sociales de las Universidades Andaluzas, uno por las Cámaras de Comercio, Industria y Navegación, y tres designados por la Dirección General de Universidades e Investigación. Dada la patente falta de operatividad de una representación tan amplia, en el II Plan Andaluz de Investigación se redujo el número de miembros de forma considerable. Pasó a estar compuesto por cuatro representantes de la Junta de Andalucía, cuatro del Parlamento de Andalucía, cuatro de la Confederación de Empresarios de Andalucía y dos por cada una de las centrales sindicales mayoritarias.

Universidad de Huelva 2009

c. Emitir cuantos informes y dictámenes le sean solicitados por la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología o por la Comisión Científica de Andalucía.

Esta etapa que, claramente, puede calificarse como de transición. Las acciones, resumidas en el Cuadro 4.9, se plantean como un paso previo a las que se desarrollarían en el marco del Plan Andaluz de Investigación, que durante esta etapa estaba en fase de redacción. En este sentido puede observarse una gran coherencia de los subprogramas con los que se iban vislumbrando como definitivos en el Plan[80].

Una valoración de dicha etapa de transición puede resumirse en dos hechos, calificados de relevantes por el consejero de Educación y Ciencia en la Introducción del informe que recogía el resumen de las acciones correspondientes a 1989: a) que la Comunidad Autónoma de Andalucía había sido, dentro del conjunto nacional, la que mayor inversión de recursos propios había destinado a I+D, y b) que Andalucía cuenta con un amplio plantel de investigadores y grupos de investigación capaces, por su calidad científica de afrontar con decisión la I+D en las áreas consideradas prioritarias para impulsar el desarrollo socioeconómico de la región[81].

Por otro lado, como se desprende de los datos recogidos en el Cuadro 4.9, se han consolidado los subprogramas dedicados a la formación de personal investigador, que representan, aproximadamente, una cuarta parte del esfuerzo total, como requisito indispensable para poder realizar una investigación de calidad. Igualmente, se potencian también las ayudas a la

[80] MARTÍN y PALMA (1993), p. 216.

[81] JUNTA DE ANDALUCÍA (1990a), p. 9.

Universidad de Huelva 2009

investigación, con una participación de casi un veinte por ciento en el gasto anual. En 1988 aparece de nuevo –no lo hacía desde 1985– el subprograma "Proyectos de Investigación y Desarrollo tecnológico", que absorbe el cincuenta y dos por ciento del gasto total de ese año, mientras que en 1989 el esfuerzo mayor se hace en las ayudas para la creación de infraestructuras de apoyo a la investigación, con una dotación de 614,5 millones de pesetas, que representaban el cincuenta y ocho por ciento del total. En definitiva, se trata de potenciar los elementos que permitan desarrollar una investigación de calidad y generar innovaciones: incrementar el capital humano, mejorar la dotación de infraestructuras, ayudas generales a la investigación y apoyo de proyectos de I+D concretos.

CUADRO 4.9. ACCIONES EN LA ETAPA DE ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DEL PAI I (1988–1989) (MILLONES DE PTAS.)

AÑOS / ACCIONES	1988		1989		89/88
	Gasto	%	Gasto	%	
Formación Personal Investigador*	188.09	28.00	256.56	24.40	1.36
Ayudas a la Investigación	124.27	18.40	180.85	17.20	1.45
Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico	394.94	52.00	—	—	—
Ayudas para las actividades científicas organizadas por las Academias de Andalucía	11.10	1.60	—	—	—
Ayudas de infraestructura a la investigación	—	—	614.49	58.04	—
TOTALES	**630.70**	**100.00**	**1.051.90**	**100.00**	**1,56**

(*) En los datos no se incorpora el coste del seguro combinado que cubre a los becarios.
Fuente: Acciones PAI, 1988–1989. Consejería de Educación y Ciencia, Junta de Andalucía. Reelaborado por MARTÍN y PALMA (1993), p. 217, Cuadro 2.

b) El primer Plan Andaluz de Investigación 1990–1993.

El proceso iniciado en 1984 con la creación del Programa de Política Científica supuso la inversión de casi 8.000 millones de pesetas en el período 1984–1989. Esto representó un importante impulso al Sistema Ciencia–Tecnología andaluz y mejoró la solidez de las bases sobre las que

Universidad de Huelva 2009

se configuraba[82]. Sin embargo, todavía presentaba importantes limitaciones que lo alejaban considerablemente de los sistemas existentes en los países y regiones más avanzados. Así, persistían todavía graves carencias en infraestructuras, había una patente falta de agilidad en la gestión administrativa, la participación del sector privado era preocupantemente reducida y existía un exceso de provincianismo en las relaciones entre los grupos de investigación. A la vista de estas carencias se puede deducir que faltaba un modelo global de I+D[83].

En estas circunstancias se aprueba el Plan Andaluz de Investigación 1990–1993 (a la postre conocido como I PAI) por acuerdo del Consejo de Gobierno de la Comunidad Autónoma de Andalucía de 3 de abril de 1990. Su principal objetivo era consolidar el Sistema Andaluz de I+D. Para ello pretendía potenciar la planificación y la coordinación de las diversas acciones, proseguir con el esfuerzo financiero, establecer incentivos para grupos de investigación (tanto ya existentes como de nueva creación) y superar los problemas de lenguaje que suponen una barrera entre investigadores y sociedad. En términos cuantitativos se pretendía que los gastos de I+D se situasen en el 0,5% del PIB[84].

La experiencia acumulada durante el período de vigencia del Plan Económico Para Andalucía y del Programa Andaluz de Desarrollo

---

[82] No debemos olvidar el papel jugado en este mismo sentido por los diversos institutos dependientes del CSIC, instalados a lo largo de la geografía andaluza.

[83] SOLÍS (2000), p. 86, quien mantiene además que la falta de un modelo global del sistema de I+D se presenta no sólo en el ámbito andaluz sino también en el nacional.

[84] Nótese que aunque ello suponía un importante esfuerzo financiero, todavía estaba muy lejos de los niveles de la Unión Europea, la OCDE y los países más avanzados como Estados Unidos, Japón y Alemania.

Universidad de Huelva 2009

Económico, junto con la existencia de un nuevo marco jurídico establecido por la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, constituyen las bases de la nueva orientación de las acciones de Política Científica de la Junta de Andalucía, concretadas en este primer Plan Andaluz de Investigación. Con él se pretende continuar el proceso de racionalización en el empleo de los recursos humanos y materiales iniciado con el Programa de Política Científica, así como potenciar los ejes de la actividad científica claves para el desarrollo y modernización de la Comunidad Autónoma.

Por otra parte, la existencia de un Plan estructurado de ámbito regional permite la coordinación de las iniciativas de carácter sectorial existentes en Andalucía y garantiza una fluida conexión con los programas nacionales e internacionales de investigación y desarrollo tecnológico.

Las misiones encomendadas al I Plan Andaluz de Investigación son las siguientes:

1. Formular las líneas preferenciales de actuación de ámbito regional.
2. Armonizar y modular los objetivos del Plan Nacional en función de los intereses regionales.
3. Establecer una relación organizada con las actividades de la CEE dentro del Programa Marco de I+D.
4. Coordinar los programas sectoriales de las diferentes Consejerías del Gobierno Andaluz que se relacionen con actuaciones en materia de I+D.
5. Apoyar y promocionar la actividad investigadora mediante la puesta en marcha de programas horizontales.

Universidad de Huelva 2009

Los principios generales inspiradores del Plan son la mejora de la calidad de vida y la creación de empleo con una preocupación especial en "evitar a ultranza la reducción de puestos de trabajo"[85], que coinciden plenamente con la meta final a conseguir por el Plan Andaluz de Desarrollo Económico (1991–1994): "Progreso en la mejora de las condiciones de vida de los andaluces"[86]. Asimismo se pretende sentar las bases para crear una conciencia social favorable sobre la importancia de la I+D.

Estos principios generales se concretan en cinco objetivos básicos:

1. Atender adecuadamente a los grupos de investigación orientados hacia temas preferenciales sobre la base de las necesidades socioeconómicas y las prioridades políticas.
2. Fomento de la participación en proyectos con financiación ajena a la Comunidad Andaluza.
3. Generar una situación más competitiva para los grupos de investigación existentes.
4. Mejorar las condiciones de infraestructura básica, sobre todo en las áreas prioritarias.
5. Facilitar la mayor simplificación posible en las tareas de gestión de la investigación.

Para simplificar la gestión organizativa del Plan se plantea la creación de un esquema de actuaciones que se concreta en tres líneas básicas:

En primer lugar, la denominada Ventanilla Única, basada en las propuestas de actuación de cada uno de los grupos de investigación cuyas

[85] JUNTA DE ANDALUCÍA (1991), p.7

[86] *Ibidem*, p. 19.

Universidad de Huelva 2009

asignaciones presupuestarias se determinarán en función de diversos criterios tales como la calidad y cantidad de investigadores, la percepción de otras ayudas, la infraestructura de partida, entre otros.

En segundo lugar, la línea dedicada a Centros y Servicios, que pretende aglutinar esfuerzos de investigación y rentabilizar la adquisición y el uso de grandes equipos.

Por último, la línea de Iniciativas Concertadas, que pretende unificar aquellas actuaciones que precisan participación económica sustancial.

En cuanto a las líneas de investigación, el I PAI se estructura en torno a seis ponencias temáticas: Agroalimentación; Ciencias de la Vida; Recursos Naturales; Ciencias Sociales y Humanísticas; Tecnologías de la Producción y Tecnologías de la Información y una de Promoción General del Conocimiento, cada una de las cuales tiene unos objetivos específicos.

Dos mecanismos permiten el ejercicio de un control permanente del funcionamiento y ejecución del PAI I. La Comisión Científica y sus ponencias, que valoran las diferentes iniciativas que se propongan como actuaciones concretas, y la Comisión Interdepartamental, y en última instancia el Gobierno Regional, responsables de la revisión anual y el subsiguiente deslizamiento de objetivos y propuesta de nuevas actuaciones.

El presupuesto de funcionamiento del PAI a lo largo de sus cuatro años de vigencia se refleja en el Cuadro 4.10:

Universidad de Huelva 2009

CUADRO 4.10. PRESUPUESTO PAI I (1990–93) (10^6 PTAS.)

ACCIONES \ AÑOS	1990	1991	1992	1993	TOTAL
1. VENTANILLA ÚNICA					
1.1. Infraestructuras y ayudas complementarias	800	900	1.000	1.150	3.850
1.2. Personal	700	750	850	950	3.250
1.3. Coordinación, ayudas (viajes, publicaciones)	180	200	220	240	840
2. CENTROS Y SERVICIOS					
2.1. Centros e institutos	1.100	1.200	1.300	1.500	5.100
2.2. Servicios	400	420	440	460	1.720
3. ACTUACIONES CONCERTADAS					
3.1 Programas y proyectos	640	680	720	760	2.800
3.2 Otras actuaciones	40	50	60	70	220
4. GESTIÓN DEL PROGRAMA	40	50	60	70	220
I. TOTAL FONDOS PROPIOS PAI	3.900	4.250	4.650	5.200	18.000
II. FONDOS EXTERNOS (ESTIMADOS)					
II.1. Plan Nacional					12.000
II.2. Programas CEE					10.000
III. CONSEJERÍAS DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA					12.000
IV. APORTES INDIRECTOS					10.000
TOTALES					**62.000**

Fuente: PAI I.

Las acciones realizadas dentro del Plan Andaluz de Investigación 1990–93 quedan reflejadas en el Cuadro 4.11 donde se recoge en términos absolutos y monetarios (cuando los datos disponibles así lo han hecho posible) el total de las becas y ayudas solicitadas y concedidas en el período de referencia dentro de cada subprograma, los cuales quedan estructurados en la línea marcada en la etapa de transición, 1988–89.

Como característica destacada debe señalarse la importancia del subprograma Formación de Personal Investigador, con un volumen total de inversión para el período cercano a los 1800 millones, lo que, en términos anuales, equivaldría a una asignación de unos 450 millones, cifra significativamente superior a los 188 millones de 1988 y los 256 de 1989. Estas actuaciones favorecen la dotación al Sistema Andaluz de I+D de

Universidad de Huelva 2009

recursos humanos cualificados en un volumen acorde con sus necesidades. Es por tanto coherente con el objetivo de consolidar el sistema andaluz de I+D.

CUADRO 4.11. ACCIONES DEL PLAN ANDALUZ DE INVESTIGACIÓN 1990–1993

ACCIONES	SOLICITADAS	CONCEDIDAS	
	nº	nº(**)	Cuantia(*) (10^6 Ptas.)
FORMACIÓN PERSONAL INVESTIGADOR			
Promoción General del conocimiento	2.218	215	270.90
Programa sectorial	2.510	115	144.90
Areas de conocimiento	511	62	78.12
En colaboración con empresas		257	323.82
Monitores de Formación de Personal Informático	418	174	187.92
Formación de Personal Informático	25.780	253	212.52
Formación de Personal Bibliotecario. Archivista y Documentalista.	5.362	338	283.92
Personal de Apoyo a los Grupos de Investigación		119	235.62
Introducción a la Investigación y la docencia destinada a alumnos Universitarios.		162	58.32
TOTALES			1.796.04
AYUDAS A LA INVESTIGACIÓN	SOLICITADAS	CONC	CONC / SOLIC
Asistencia a Congresos. seminarios y reuniones científicas y técnicas	6.818	3.044	45%
Estancias breves en centros de investigación nacionales extranjeros	1.884	1.121	59%
Organización de Congresos y reuniones nacionales e internacionales de carácter científico y técnico	770	591	77%
Estancia de investigadores extranjeros en centros de investigación de Andalucía	447	356	80%
Publicaciones de carácter científico y técnico	648	284	44%
Estancias de becarios de FPI en centros de investigación	290	213	73%
Estancias de Ayudantes de Universidad en centros investigación	220	151	69%
Otras acciones de carácter científico y técnico	497	231	46%
Ayudas para programas de I+D en la CEE	65	47	72%
TOTALES	11.639	6.038	52%
AYUDAS PARA ACTIVIDADES CIENTIFICAS ORGANIZADAS POR LAS ACADEMIAS DE ANDALUCÍA			51.00

* En los datos no se incorpora el coste del seguro combinado que cubre a los becarios.
** Nuevas adjudicaciones más prórrogas.
Fuente: Acciones PAI 1990–93, Consejeria de Educación y Ciencia, Dirección General de Universidades e Investigación, Junta de Andalucia.

Por su parte, las Ayudas para Actividades Científicas Organizadas por las Academias de Andalucía no han experimentado un gran incremento,

Universidad de Huelva 2009

puesto que la inversión total prevista de 51 millones equivaldría, en promedio, a unos 13 millones anuales aproximadamente, cifra similar a los 11 millones de 1988.

Por último, hay que hacer referencia a una importante línea de actuación iniciada en el I PAI y que se ha mantenido en los sucesivos PAI. Se trata de la creación y consolidación de grupos de investigación en Andalucía. La asignación económica a esta importante línea no aparece recogida específicamente en los documentos de Acciones y los datos resumen han sido obtenidos de otra fuente[87]. Se han llevado a cabo diversas convocatorias, inventariándose en cada una de ellas un número creciente, tanto de grupos de investigación como de Ayudas concedidas, si bien la cuantía media de las ayudas por grupo se ha reducido en las últimas convocatorias. En el Cuadro 4.12 se especifican el número de grupos y el total de ayudas entre los años 1988 y 1997[88].

CUADRO 4.12. GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Y AYUDAS CONCEDIDAS

AÑOS / ACCIONES	1998	1989	1990	1991	1993	1995	1997
NUMERO DE GRUPOS	797	933	1.055	1.227	1.408	1.550	1.641
TOTAL AYUDAS CONCEDIDAS (millones de Ptas.)	1.492	1.500	1.527	1.792	1.403	1.599	1.436

Fuente: SOLÍS y BASULTO (1993), p.2. y SOLÍS (2000), pp. 140–146.

[87] SOLÍS (2000), pp. 140–146, en un libro que es la versión publicada por el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla de su Tesis Doctoral defendida en dicha Universidad en 1999, y que constituye una amplia evaluación del PAI.

[88] Esta es la última de la que se dispone de datos. Posteriormente sólo se ha convocado otra a finales de 2000 y resuelta en 2001, ya dentro del III PAI, actualmente vigente, suyos datos se espera que sean publicados próximamente.

Universidad de Huelva 2009

Como puede verse en el Cuadro, las convocatorias fueron anuales hasta 1991 y a partir de este momento se volvieron bienales[89]. Aunque los motivos de este cambio en la periodicidad pueden ser en parte económicos, también debemos considerar que, una vez superado el plan de choque iniciado en 1988, puedan ser más operativas otras medidas de apoyo a la investigación. Además, en las sucesivas convocatorias se han incrementado las exigencias de calidad, oportunidad de las líneas de investigación (adecuación a las prioridades del PAI), número de doctores activos (con al menos una publicación en los últimos tres años), la capacidad para obtener financiación externa (empresas, participación en programas nacionales y comunitarios,...) y la productividad científica del grupo. Todavía es pronto para evaluar la incidencia en el sistema productivo de estos grupos de investigación, aunque ese puente entre el Sistema Ciencia–Tecnología y la industria es el eslabón fundamental para que este esfuerzo de política tenga su reflejo en la sociedad y pueda ayudar a la consecución de los fines que se han señalado con anterioridad. Podemos al menos concluir que:

1. A lo largo del período de vigencia del PAI I se ha producido un aumento del número, nivel de calidad y nivel de formación de los grupos de investigación.

2. Aunque el nivel de adecuación de la temática investigadora a las necesidades del sistema productivo es difícil de valorar, no cabe duda

[89] En sentido estricto tendríamos que decir que en 1997 se rompe el carácter bienal, pues la siguiente convocatoria no se publica hasta finales de 2000 y se resuelve en 2001. Sin embargo, podemos considerar que se mantiene el carácter bienal con la salvedad de la pérdida de la convocatoria correspondiente a 1999, a la espera de ver la evolución que siguen estas convocatorias en el III PAI.

Universidad de Huelva 2009

sobre el incremento bruto del número de grupos de investigación en tecnología y su impacto.

4.3.3. El segundo Plan Andaluz de Investigación (1996–1999)

Tras dos años de paréntesis, el segundo Plan Andaluz de Investigación se establece mediante el Decreto 384/1994 de 11 de Octubre. Como principal novedad de este segundo plan cabe destacar su adscripción administrativa a la Consejería de Industria, Comercio y Turismo, mientras que el primer Plan fue establecido por un decreto de la Consejería de Educación y Ciencia. No obstante debe señalarse que el cambio de adscripción permitió que la responsabilidad del PAI recayese sobre la misma persona, en 1987 titular de la Consejería de Educación y Ciencia y en 1994 en Industria, Comercio y Turismo.

En principio podría argumentarse que el equilibrio político puede estar detrás de esta adscripción[90]; no obstante, es preciso reconocer que este segundo plan presenta una vertiente que permite considerar hasta cierto punto razonable su nueva ubicación en el organigrama de la Junta de Andalucía[91]. La coincidencia en el tiempo de este segundo plan con el Programa Industrial para Andalucía hace necesario adecuar las estructuras de planificación y gestión de la I+D a las necesidades de innovación tecnológica del sistema productivo y coordinar las acciones desarrolladas[92].

[90] Recordemos que el cambio de adscripción se produce a raíz de la constitución del nuevo Gobierno tras las elecciones de junio de 1994.

[91] MARTÍN y PALMA (1993), p. 221.

[92] JUNTA DE ANDALUCÍA (1996), p. 14.

Universidad de Huelva 2009

Esta preocupación por vincular ambos documentos planificadores se hace evidente al diseñar las comisiones y consejos del Plan y al definir sus objetivos y misiones. Sin embargo tras la dimisión del Consejero en 1995, las competencias del PAI vuelven a adscribirse a la Consejería de Educación y Ciencia por Decreto 273/1995 de 31 de octubre.

a) Objetivos y estructura organizativa del Plan.

En su papel de fomento y coordinación de la investigación científica y desarrollo tecnológico, el Segundo Plan de investigación tiene las siguientes finalidades:

- El progreso general del conocimiento.
- El avance y promoción del desarrollo tecnológico.
- La reorientación de la capacidad investigadora del sistema público hacia el sector productivo de manera que puedan reforzarse las líneas de investigación de aplicación industrial recogidas en el programa industrial.
- Propiciar las condiciones que posibiliten el aumento de la inversión en I+D de las empresas andaluzas, en especial las PYME.
- La innovación y transferencia de tecnología.

Las áreas prioritarias del Plan son las que enumeramos a continuación: Promoción General del Conocimiento; Agroalimentación; Ciencias de la Vida; Ciencia y Tecnología de la Salud; Recursos Naturales y Medio Ambiente; Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas; Humanidades;

Universidad de Huelva 2009

Física, Química y Matemáticas; Tecnologías de la Producción; Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Como novedades de esta lista frente a la recogida en el primer Plan Andaluz de Investigación, destacamos la incorporación de las áreas Ciencia y Tecnología de la Salud, Física, Química y Matemáticas, y la adición del Medio Ambiente al área de Recursos Naturales. Por otra parte, se desglosa en dos el área de Ciencias Sociales y Humanísticas, dando carta de naturaleza por un lado a las Humanidades y por otro a las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas. Asimismo, se incorpora junto a las Tecnologías de la Información, las de las Comunicaciones, agrupadas ambas en un área, y aislando en otra las Tecnologías de la Producción, a diferencia del primer Plan en el que existía un área dedicada a las Tecnologías de la Producción y la Informática conjuntamente.

En cuanto a los órganos que se establecen para estructurar el Plan hay que señalar la novedad que supone la creación del Consejo General de la Ciencia y la Tecnología de Andalucía, que no aparecía en el primer Plan, y cuya misión esencial es la programación de cada convocatoria concreta del PAI y su difusión entre la comunidad de investigadores de Andalucía. Además, su composición se fija de forma que garantice que los centros públicos y privados estén representados al máximo nivel. Permanecen la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología, la Comisión de Evaluación Científica y Tecnológica y el Consejo Asesor para la Ciencia y

Universidad de Huelva 2009

la Tecnología, cuya representatividad se reduce significativamente por razones de operatividad[93].

El Consejo General de la Ciencia y la Tecnología, de nueva creación, tiene como misión fundamental adecuar el segundo Plan Andaluz de Investigación a las necesidades de los centros públicos y privados de I+D. Así, deberá programar e informar aquellas convocatorias del Plan que tengan incidencia directa en el ámbito de estos centros. El papel y la composición de las Comisiones y Consejos del Plan, puede verse en el Decreto 384/1994 de 11 de Octubre, por el que se establece el segundo Plan Andaluz de Investigación.

b) Las actuaciones en el II Plan Andaluz de Investigación 1996–1999.

Aunque el II PAI se había establecido por Decreto 384/1994 de 11 de octubre, tuvo que transcurrir más de un año hasta que, por Acuerdo del Consejo de Gobierno de la Comunidad Autónoma de Andalucía de 13 de febrero de 1996, se aprueba el II Plan Andaluz de Investigación 1996–1999. En las causas de este retraso se encuentra la inestabilidad política existente en Andalucía, que obligó a prorrogar por dos años los Presupuestos de la Comunidad[94].

---

[93] Ya hemos hecho alusión al comentar el I PAI al cambio en la composición del Consejo Asesor; el resultado fue que pasó de 38 a 16 miembros. Desaparece la representación de la Federación de Municipios y Provincias, las Cámaras de Comercio, Industria y Navegación y los Consejos Sociales de las Universidades. Sólo quedan representados, a partes iguales, el Parlamento, la Junta de Andalucía, las Asociaciones de Empresarios y los Sindicatos.

[94] Ya apuntamos esta posibilidad en PALMA, GARCÍA y RODRÍGUEZ (1997) y también así lo afirma SOLÍS (2000), p. 95, quien ha ostentado una importante función dentro de la Consejería de Educación y Ciencia.

Universidad de Huelva 2009

El II PAI se configura de forma más ambiciosa que su antecesor al establecer un campo de actuación más amplio, que abarca tanto la investigación científica y el desarrollo tecnológico como la innovación y la transferencia de tecnología. Al mismo tiempo destaca el carácter pragmático de este plan, manifestado en el énfasis concedido a la materialización práctica de los resultados, esto es, a su aplicabilidad industrial. En este sentido, consideramos que en el espíritu del Plan está presente el reconocimiento de la necesidad de una cooperación entre las universidades y otros organismos de investigación con el mundo de la industria en el desarrollo del binomio ciencia–tecnología. Además, mientras el I PAI hace más hincapié en los aspectos de organizar y estructurar el sistema de I+D en Andalucía, el II PAI tiene un enfoque más encaminado a buscar la aplicabilidad industrial de los resultados de la investigación.

Por lo que respecta a sus objetivos fundamentales, este segundo Plan se presenta como una extensión del primero, de tal modo que los fines principales que los orientan son análogos. Sin embargo, junto con el interés común de potenciar la investigación básica en las áreas de ciencias y humanidades ahora se incorpora el de reforzar la interfase entre el sistema público de I+D y la iniciativa privada. Estas finalidades genéricas se concretan en la consideración de tres objetivos prioritarios:

1. El progreso general del conocimiento,

2. El avance y promoción del desarrollo tecnológico,

Universidad de Huelva 2009

3. La reorientación de la capacidad investigadora del sistema público hacia el sector productivo, reforzando las líneas de investigación de aplicación industrial.

Para la consecución de estos objetivos, el II PAI se estructura, como ya hemos señalado, en nueve ponencias temáticas, ampliando así el número de las contenidas en el primer Plan.

La ampliación del número de ponencias exigía una modificación en la composición y contenidos de la antigua de Promoción General del Conocimiento del I PAI, que ahora debía tener como función principal la coordinación de las distintas acciones de fomento de la investigación. Este cambio de orientación, junto con el interés por adecuar la designación de las ponencias a las funciones a ellas encomendadas, ha motivado que aquélla pase a denominarse, en este II PAI, Ponencia de Coordinación Institucional. La coordinación de las actividades de I+D junto con la articulación del mundo productivo y el científico–técnico serán los objetivos asignados a la misma.

La estructura organizativa del II PAI queda establecida en el mencionado Decreto 384/1994 de 22 de noviembre, y a ella nos hemos referido anteriormente. Baste señalar aquí que la Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología garantiza la participación de todos los departamentos con competencia sectorial en I+D en la coordinación del Plan, cuya preparación cuenta con el asesoramiento de la Comisión de Evaluación Científica y Tecnológica de Andalucía, órgano técnico que también debe evaluar y valorar la ejecución de todas las acciones del Plan.

Universidad de Huelva 2009

Una síntesis de los aspectos relativos a la financiación del II PAI aparece reflejada en los dos cuadros que se detallan a continuación, donde se recogen las acciones e inversiones previstas para el período (Cuadro 4.13) y el volumen anual de gasto en I+D, recogido en el Cuadro 4.14.

CUADRO 4.13. PRESUPUESTO PAI II (1996–99) (MILES MILLONES PTS). DISTRIBUCIÓN POR ACCIONES

MEDIDAS DE CONSOLIDACIÓN DE CENTROS Y SERVICIOS DE I+D	7.800
ACCIONES DE APOYO A LOS GRUPOS DE I+D	8.600
BECAS Y FOMENTO DEL INTERCAMBIO DE INVESTIGADORES	6.600
APOYO A LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS	4.300
FOMENTO DE INTERFASES CON EMPRESAS	3.400,34
FORMACIÓN Y RECICLAJE DE INVESTIGADORES	3.704
TOTAL	**34.404,34**

Fuente: PAI II (1996–1999)

CUADRO 4.14. PRESUPUESTO GLOBAL DE I+D (10^9 PTAS.) DISTRIBUCIÓN ANUAL

AÑOS / PROGRAMAS	1996	1997	1998	1999	TOTAL
PAI II	5.895,5	7.700,21	9.800,17	1.108,16	34.404,34
SECTORIAL	21.221,9	24.383,96	28.017,17	32.191,72	105.814,75
TOTAL	**27.117,7**	**32.084,17**	**37.817,34**	**43.199,88**	**140.219,09**

Fuente: PAI II (1996–1999)

Como aspecto relevante, el II PAI señala la necesidad de potenciar la participación privada en I+D en una doble vertiente: inversión y actuación. Respecto a la primera, aún reconociendo la necesidad de continuar el esfuerzo inversor del sector público, este segundo Plan trata de alcanzar su equilibrio respecto a la inversión privada, dentro de una línea general de incremento del peso relativo de los gastos en I+D respecto al PIB. En cuanto a la segunda, se entiende que la participación privada debe orientarse hacia la transferencia de tecnología, centrándose en la aplicación

Universidad de Huelva 2009

práctica de los resultados derivados de la investigación. Para la resolución de los dos principales problemas que ello puede conllevar, a saber, el contacto entre la oferta (perteneciente, por lo general, a la esfera pública y/o académica) y la demanda (perteneciente a la esfera privada) y el hecho de que el sector privado ha mantenido una participación en I+D relativamente menor que el público, se propone el establecimiento de dos mecanismos:

1. Una Red de Transferencia Tecnológica en Andalucía.

2. Un Programa de Articulación de la Transferencia de los Resultados de la Investigación Andaluza, con distintas funciones, actividades y acciones dentro de cada uno de ellos.

Por último, queremos señalar que una de las características más destacadas del II PAI es la coordinación de actuaciones en I+D, tanto dentro del ámbito regional como del nacional y del comunitario.

El reconocimiento de que la mejor forma de paliar las deficiencias del sistema andaluz de I+D es la coordinación activa de todas las actuaciones y esfuerzos en esta área, se traduce en la definición de uno de los objetivos del II PAI como el de coordinar "todos aquellos Planes y Programas aprobados por el Gobierno Andaluz y que tengan una proyección, objetivos o acciones de I+D".

Respecto al segundo, el II PAI señala la necesidad de integración de la Comunidad Científica andaluza en el sistema español de Ciencia–Tecnología–Industria definido en el III Plan Nacional de I+D (1996–1999), el cual contempla la coordinación nacional y autonómica a través de una

Universidad de Huelva 2009

serie de actuaciones que van desde el intercambio de información hasta la participación en proyectos integrados puestos en marcha por iniciativa del CICYT o de otras comunidades autónomas.

Finalmente, el II PAI pretende colaborar con los programas específicos que configuran el IV Programa Marco de I+D de la Comunidad Europea (1994–1998), apoyando especialmente aquellas propuestas presentadas por empresas andaluzas. No obstante, su consideración como uno de los objetivos centrales del Plan no llega hasta el III PAI.

En el Cuadro 4.5. recogemos las acciones realizadas en el marco del PAI, tanto en la etapa de transición entre el PAI I y el PAI II como en la etapa de vigencia de este último. En él encontramos dos grandes líneas de actuación, las Becas de Formación de Personal docente e Investigador y de Apoyo a la Investigación y las Ayudas (directas) a la Investigación. Puesto que las condiciones de las becas se han mantenido relativamente homogéneas a lo largo del período (con actualizaciones de la retribución que garantizaban el mantenimiento del poder adquisitivo), es relativamente fácil comparar los subperíodos. Sin embargo, al no incluirse datos sobre cuantía de las ayudas a la investigación en los documentos de Acciones del PAI 1994–1997 y 1998–2000, sólo podemos comparar el número de ayudas concedidas y la cobertura de las solicitudes.

En cuanto se refiere a las Becas de Formación, observamos cómo en la etapa de transición se han incrementado un 20% respecto a los niveles del primer PAI. En especial se han incrementado las grandes líneas de estas becas: Áreas de conocimiento, Programa Sectorial y Programa General, que se han multiplicado, respectivamente, por siete, tres con tres y dos con

Universidad de Huelva 2009

cinco, mientras que las demás líneas se han reducido a prácticamente la mitad, destacando drástica la reducción de las becas de colaboración con empresas y, especialmente, las de Formación de Personal de Apoyo a la Investigación, que desaparecieron al entran en vigor el segundo PAI.

CUADRO 4.15. ACCIONES DEL PLAN ANDALUZ DE INVESTIGACIÓN 1994–2000.

ACCIONES	1994–1997			1998–2000		
	Solicitadas	Concedidas(*)	1994-97 / 1990-93	Solicitadas	Concedidas(*)	1998-2000 / 1994-97
BECAS DE FORMACIÓN DE PERSONAL DOCENTE E INVESTIGADOR Y DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN						
Promoción General del conocimiento	2.009	528	2.46	1.117	253	0.48
Programa sectorial	2.251	382	3.32	1.072	339	0.89
Áreas de conocimiento	1.040	432	6.97	767	449	1.04
En colaboración con empresas	ND	92	0.36	ND	63	0.48
Monitores Formación Personal Informático	205	152	0.87	776	45	0.29
Formación de Personal Informático	1.312	139	0.55	361	68	0.49
Monitores Formación Personal Estadístico	83	31	--	12	9	0.29
Formación de Personal Estadístico	846	28	--	316	11	0.39
Formación de Personal Bibliotecario, Archivista y Documentalista.	1.850	194	0.57	932	88	0.45
Personal de Apoyo a Grupos de Investigación	ND	9	0.08	--	--	--
Monitores Formación Divulgación Científica	--	--	--	15	10	--
Formación de Personal Divulgación Científica	--	--	--	565	13	--
Otros Programas	ND	39	--	80	23	0.50
TOTALES	***9.956***	***2.026***	***1,20***	***6.013***	***1.371***	***0,68***
AYUDAS A LA INVESTIGACIÓN						
	Solicitadas	Concedidas(*)	%Solic./ Conced.	Solicitadas	Concedidas(*)	%Solic./ Conced.
Asistencia a Congresos, seminarios y reuniones científicas y técnicas	4.458	2.021	45%	5.062	2.580	51%
Estancias breves en centros de investigación nacionales extranjeros	1.498	812	54%	1.295	751	58%
Organización de Congresos y reuniones de carácter científico y técnico	680	422	62%	526	368	70%
Estancia de investigadores extranjeros en centros de investigación de Andalucía	341	230	67%	288	173	60%
Publicaciones de carácter científico y técnico	850	309	36%	340	185	54%
Estancias becarios FPI en centros de investigación	176	126	72%	157	126	80%
Estancias Ayudantes de Universidad en centros investigación	177	129	73%	141	104	74%
Otras acciones de carácter científico y técnico	309	74	24%	464	243	52%
Ayudas para programas de I+D en la CEE	157	92	59%	42	32	76%
TOTALES	***8.646***	***4.215***	***49%***	***8.315***	***4.562***	***55%***
AYUDAS PARA ACTIVIDADES CIENTÍFICAS ORGANIZADAS POR LAS ACADEMIAS DE ANDALUCÍA						

* Nuevas adjudicaciones más prórrogas.

Fuente: Acciones PAI 1994–1997 y 1998–2000, Consejería de Educación y Ciencia, Dirección General de Universidades e Investigación, Junta de Andalucía.

Universidad de Huelva 2009

Por el contrario, en la etapa de vigencia del PAI II, las becas de formación se reducen en más de un 30% respecto a los niveles de la etapa de transición, cayendo incluso por debajo de los registros del primer PAI. A excepción de las becas de Áreas de Conocimiento, que se incrementan en un 4%, todas las demás líneas de becas experimentan retrocesos. Destacan los de Personal Informático y Estadístico, respectivamente, del 50% y el 60%.

En cuanto se refiere a las ayudas a la investigación, el número total de ayudas concedidas ha caído drásticamente desde las 6.038 del período 1990–1993 a tan sólo 4.215 en 1994–1996[95] y 4.562 en 1998–2000. Las solicitudes también han descendido de 11.639 a 8.646 y 8.315, respectivamente. La proporción de solicitudes cubiertas cayó ligeramente del 52% al 49%, para posteriormente recuperarse hasta el 55%. En cuanto a la estructura de estas acciones, cabe destacar que, en general, las ayudas para asistencia a congresos, seminarios y reuniones científicas y técnicas suponen aproximadamente el 50% del total de las ayudas.

En cuanto a las acciones concretas, se han reducido en todas ellas tanto el número de solicitudes como el de concesiones. No obstante, se ha incrementado la cobertura de las ayudas para asistencia a congresos, la estancia de investigadores extranjeros en centros de investigación andaluces y las estancias de becarios y ayudantes de universidad en centros de investigación, y ligeramente las ayudas para programas de I+D de la Unión Europea. Por el contrario, se ha reducido la cobertura de la

[95] En el documento de Acciones PAI 1994–1997, sólo aparecen datos del período 1994–1996 para este tipo de ayudas; los datos de 1997 tampoco se recogen en el documento Acciones PAI 1998–2000.

Universidad de Huelva 2009

organización de congresos y reuniones científico–técnicos y las ayudas a las publicaciones de carácter científico. Una vez más, debemos reiterar que al no disponer de datos sobre asignaciones presupuestarias, no podemos realizar valoraciones de mayor calado.

4.3.4. El III Plan Andaluz de Investigación 2000–2003: Una breve presentación.

Concluido el período de vigencia del II PAI se pasa de forma relativamente continua al III PAI, cuyo período de vigencia abarca el cuatrienio 2000–2003, y manteniéndose la estructura organizativa básica del II PAI. Al igual que los anteriores, comienza con una descripción y análisis de la situación para, a continuación, establecer unos objetivos que, por un lado contribuyan a corregir las limitaciones detectadas dicho análisis y, por otro, hagan del PAI un elemento que contribuya a la consecución de objetivos más generales como son el desarrollo económico y social de Andalucía.

En cuanto al análisis de la situación, destaca que el Sistema Ciencia–Tecnología–Empresa en Andalucía es pequeño en relación con la actividad económica de la región, tanto en porcentaje del PIB destinado a la I+D como en número de investigadores. En especial, reconoce que el sector privado representa en Andalucía sólo el 24% del esfuerzo investigador total frente al 60% que, aproximadamente, representa en Madrid, Cataluña y el País Vasco. Además, las empresas andaluzas generan una demanda de conocimientos tecnológicos muy escasa. Desde el III PAI se considera que ello se debe en parte a que las PYME, predominantes en el tejido productivo andaluz, están poco concienciadas y, por otro lado, al efecto

Universidad de Huelva 2009

sede–filial de las empresas multinacionales y las empresas públicas multifactoría que en Andalucía sólo tienen filiales productivas, mientras que la demanda de tecnología la realizan en las regiones y países en los que tienen sus sedes.

Ante esta situación se plantea, por un lado, la necesidad de una mayor coordinación entre las políticas científica y tecnológico–industrial. Este planteamiento sigue la línea del que ya hemos aludido en el Plan Económico para Andalucía Horizonte 2000, en el que se dejaban al PAI y al Programa Industrial el diseño de las líneas de actuación y el establecimiento de prioridades. Esta coordinación se ve plasmada en el III PAI en la medida en que se establece una serie de programas (los Programas Sectoriales) que son propios de las distintas Consejerías y Organismos, pero cuya elaboración, gestión y financiación pueden ser compartidas. Pero quizás el elemento de coordinación más visible sea la inclusión del Programa Industrial Para Andalucía como uno de los instrumentos que contribuyen a la ejecución del Programa General de Desarrollo Industrial Sostenible establecido en el III PAI.

Por otro lado, se plantea también la necesidad de potenciar las redes de transferencia de tecnología y de cooperación transnacional; es decir, apoyar y coordinar los sistemas de interfaz. A ello deben contribuir especialmente tanto el CESEAND (Centro de Enlace del Sur de Europa en Andalucía) de la Unión Europea como las OTRI (Oficina de Transferencia de los Resultados de la Investigación) de las Universidades y de la Confederación de Empresarios de Andalucía. Entre sus principales actividades están: establecer núcleos de clientes especialmente activos,

Universidad de Huelva 2009

fomentar la participación de las PYME andaluzas en programas nacionales y europeos, facilitar la difusión y transmisión de la tecnología a nivel transnacional, promover la cultura de la innovación, consolidar el CESEAND como punto de referencia regional para temas relacionados con investigación y desarrollo tecnológico europeos y con la transferencia de tecnología a nivel transnacional, y apoyar a las Universidades para que estimulen la visibilidad de los resultados de su investigación. En definitiva, se trata de que desde la Administración se apoye la investigación de calidad, se incentive la cooperación Universidad–Empresa y se apoye los mecanismos de transferencia de la tecnología.

A partir del análisis de la situación y de la constatación de las mencionadas necesidades, el III PAI establece como objetivos generales el fomento y coordinación de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y la articulación de los entornos científico–técnico y productivo. Estos objetivos generales se concretan en los siguientes objetivos específicos: incrementar la participación andaluza en el IV Plan Nacional de I+D+I y en el V Programa Marco de la Unión Europea; mejorar la coordinación de todas las actuaciones de fomento de la I+D llevadas a cabo en Andalucía por los diversos Centros y Organismos Públicos de Investigación (Universidades, CSIC,...) y las distintas Administraciones; incrementar y mejorar la colaboración entre los centros públicos de investigación y las empresas; suministrar financiación básica a investigadores andaluces para mejorar su competitividad en programas nacionales y europeos.

Universidad de Huelva 2009

Estos objetivos se materializan en diversos programas y acciones, estructurados en tres grandes categorías. Los *Programas Generales* de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, que establecen las líneas prioritarias o de interés estratégico para el desarrollo económico, social y cultural de Andalucía. Los *Programas Sectoriales* de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, propios de las distintas Consejerías y Organismos, que son ejecutados por ellas, pero cuya elaboración, gestión y financiación pueden ser compartidas. Los *Programas Horizontales* de Formación del Personal Investigador, movilidad, infraestructuras de investigación, etcétera.

Si comparamos los tres PAI, vemos como el primero se centró especialmente en el plan de choque que permitiese establecer y estructurar el Sistema Andaluz de I+D. El segundo prestó una mayor atención a la aplicabilidad industrial de los resultados de la investigación. El tercero presta especial atención a la coordinación con los planes de investigación nacional y europeo así como con los planes propios de las Universidades, y a la potenciación de los mecanismos de interfaz.

Por último, el III PAI incorpora entre sus objetivos la necesidad de evaluación, tanto de la gestión como de los resultados, para la correcta y eficiente asignación de los recursos[96]. Para ello son imprescindibles unos indicadores coherentes con las recomendaciones internacionalmente aceptadas del *Manual de Frascati* y del *Manual de Oslo*. Concretamente

[96] Esta es una de las principales limitaciones que SOLÍS (2000), p. 133, señala tanto para las dos primeras etapas del PAI como para las tres del Plan Nacional. Igualmente señala que las escasas iniciativas evaluadoras existentes han partido de los grupos de investigación, nunca de los responsables de los Planes.

Universidad de Huelva 2009

afirma que: "***se intentará*** obtener datos desagregados para nuestra Comunidad Autónoma de la Balanza de Pagos Tecnológicos, los Productos e Industrias de Alta tecnología y Estadísticas sobre Innovación[97].En esta línea se enmarca el Plan Estadístico de Andalucía, dentro del Programa General de Desarrollo Industrial Sostenible.

En cuanto a la dotación presupuestaria del III PAI, se establece en 140.000 millones de pesetas (839,15 millones de euros), previéndose para 2003 un esfuerzo en I+D del 1,29% del PIB y una ejecución del 34,7% por el sector público y del 65,3% por el privado[98]. No se establecen sin embargo las asignaciones presupuestarias destinadas a cada acción concreta del III PAI.

4.4. EL CONTEXTO EXTRAREGIONAL EN EL SCTI ANDALUZ.

Para definir las características del sistema andaluz de Innovación, debemos partir de la comprensión del contexto en que se enmarca, es decir, de las características que dichas actividades tienen en el contexto nacional y comunitario, en el que Andalucía se encuentra inmersa.

La situación europea ha sido caracterizada en el informe Ciampi del grupo consultivo sobre la competitividad, que fue presentado al Consejo

[97] En tanto se generan estas estadísticas las posibilidades de evaluación serán muy limitadas. Además se dejan sin mencionar las estadísticas bibliométricas, que son fundamentales para la valoración de los grupos de investigación y que SOLÍS (2000), p. 123, señala como otra de las asignaturas pendientes del PAI.

[98] Los datos se encuentran en el propio documento del III PAI, JUNTA DE ANDALUCÍA (2000), p. 58.

Universidad de Huelva 2009

Europeo en junio de 1995 y cuyo objetivo era sensibilizar a los países miembros de la necesidad de coordinación de las políticas nacionales. El informe destaca que a pesar de los avances y las mejoras de la competitividad de la industria europea, como así lo refleja la mejora en la evolución del déficit comercial con Estados Unidos y Japón, persisten todavía importantes puntos débiles, como son la menor especialización de la oferta europea en bienes de alta tecnología y en mercados de elevado crecimiento, la escasa presencia de la industria europea en zonas geográficas de alto potencial, la insuficiente productividad de un esfuerzo en I+D disperso y desigual, y una menor capacidad de las empresas europeas que las estadounidenses y japonesas para plasmar el conocimiento y las ideas innovadoras en nuevos productos y servicios y comercializarlos rápidamente, así como para adaptarse a la evolución cambiante de la demanda.

En términos parecidos se expresa una muy reciente comunicación de la Comisión[99], que además de señalar la persistencia de las debilidades estructurales en Europa (tanto en porcentaje del PIB destinado a la I+D como en patentes, número de investigadores y exportaciones de tecnología por habitante), insiste en la necesidad de reforzar los esfuerzos de investigación tanto públicos como privados y de coordinar todo esfuerzo, política y actividad de investigación que se realice en la Unión Europea. Es decir, pretende crear un Espacio Europeo de Investigación.

En cuanto a la situación española, los estudios han ido creciendo a partir de la década de los años ochenta, aumentando a partir de la segunda

[99] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2000), COM(2000) 612 final.

Universidad de Huelva 2009

mitad también las aproximaciones desde la perspectiva regional. Gran parte de estos trabajos se plantean desde una perspectiva metodológica y teórica, así como mediante estudios de casos sobre cuestiones concretas, en especial en el ámbito regional, aunque también sectorial. Sin embargo, también han sido varios los estudios que han abordado el análisis empírico global de la I+D, aunque todos ellos se centran en el plano de la oferta (recursos destinados a los diversos aspectos de la I+D, tanto por empresas como por la Administración Pública), soslayando así el estudio de la demanda que de esos recursos surge de los diferentes sectores productivos y económicos[100]. Quizá la conclusión más interesante que pueda extraerse de ellos sea la que se apunta en unas reflexiones sobre el III Plan Nacional de I+D publicadas por Comisiones Obreras, en las que se afirma que "la cifra total de gastos de I+D sobre el PIB y su distribución interna, indican que la variable tecnológica no ha sido una prioridad estratégica del sector público y menos aún del privado"[101].

4.4.1. La influencia de los Planes Nacionales de I+D y la actuación del CDTI.

Aunque el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (PNID) constituye el elemento más llamativo de la actividad pública en materia de I+D y es el mecanismo básico de programación del sistema científico español, en la Función 54 de los Presupuestos Generales del Estado, destinada a financiar la Investigación Científica, Técnica y Aplicada, se incluyen además de los fondos destinados a las diferentes

[100] DURÁN, CRIADO, ROCHA Y ZAPATERO (1999), p. 52.

[101] COMISIONES OBRERAS (1995), p. 4.

Universidad de Huelva 2009

etapas de las actividades de I+D, considerados como transferencias corrientes, otras acciones como gastos de personal, gastos corrientes, transferencias de capital, inversiones y activos financieros, gestionados por diferentes Ministerios, en especial los de Educación, Industria, Defensa, Sanidad y Agricultura[102]. Además, no debemos olvidar la importancia de las acciones del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), principal instrumento de la promoción tecnológica y por tanto de la colaboración con las empresas.

Por otro lado, a la vista de los datos sobre los gastos del Estado asimilados a I+D y de la evolución en términos generales que han experimentado dichos gastos, podemos afirmar que las actividades nacionales en materia de investigación y desarrollo tecnológico tienen las siguientes características[103]:

1. Presentan un carácter cíclico, con un crecimiento que se frena en cuanto apunta una crisis, cae drásticamente al agudizarse la fase depresiva, para posteriormente recuperarse lentamente a medida que avanza la etapa de recuperación. Este hecho parece poner de manifiesto que no se ha utilizado la inversión en I+D como un instrumento para fomentar la modernización y mejorar la competitividad de la economía española.

2. Se ha producido una concentración en torno al 90% de los gastos en I+D en los Ministerios de Educación, Industria y Defensa,

[102] Véanse los cálculos realizados a partir de los datos de la CICYT y los PGE por DURÁN, CRIADO, ROCHA Y ZAPATERO (1999), p. 56, Tabla 3.2.

[103] DURÁN, CRIADO, ROCHA Y ZAPATERO (1999), pp. 55–58.

Universidad de Huelva 2009

proporción de aproximadamente el 40%, el 27% y el 22%, respectivamente. El primero de ellos actúa a través del CSIC, los Programas de Promoción General del Conocimiento, los Planes Nacionales de I+D y los Planes de Formación del Personal Investigador, el Ministerio de Industria dedica sus fondos a la promoción tecnológica empresarial y las cuotas a organismos internacionales de investigación, y el de Defensa a inversiones, básicamente como cuotas a programas internacionales.

3. Así mismo, se ha producido una concentración geográfica, tanto del personal dedicado a la I+D en los Organismos Públicos de Investigación (OPI) como en las Universidades, aunque en éstas con menor intensidad. Así, la Comunidad de Madrid concentra más del 50% del personal de los OPI, aunque con tendencia a disminuir ligeramente, seguido a mucha distancia por Andalucía y Cataluña con el 10% y el 4% respectivamente. En las universidades, estas tres comunidades han incrementado constantemente su participación, pasando del 45% de 1989 al 57% de 1995.

a) La estructura de funcionamiento del PNID y del CDTI.

El Plan Nacional de I+D, como ya hemos dicho, constituye el mecanismo básico utilizado para la programación del sistema científico español. Se estructura en varios planes plurianuales, revisables anualmente, que pretenden coordinar el esfuerzo público en materia de I+D. Para ello, se definen unos objetivos, en función de los cuales se establece una serie de programas que constituyen las prioridades del Plan, cuya ejecución se

Universidad de Huelva 2009

realiza mediante una serie de acciones de diversa naturaleza, a través del instrumento presupuestario que es el Fondo Nacional Para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica.

La estructuración a lo largo del tiempo la constituyen cuatro planes[104]. El Primer Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I PNID) abarca el período 1988–1992, el II PNID el período 1993–1995 y el III PNID va de 1996 a 1999. Estos planes se ven completados con el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo e Innovación Tecnológica (PNIDI) que abarca el período 2000–2003. En este último caso, el cambio de nombre obedece, según se indica en su presentación, al objetivo de definir una estrategia global que incluya todas las actuaciones gestionadas por todos los Departamentos Ministeriales con competencia en materia de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

[104] Aunque el CSIC data de 1939 y anteriormente se habían creado en 1907 el Centro de Estudios Históricos y el Instituto Nacional de la Ciencia y en 1931 la Fundación para la Investigación Científica y los Ensayos de Reforma, no podemos decir que, con la salvedad muy breve de los Planes de Desarrollo, la actuación en materia de I+D en la etapa predemocrática no sea otra cosa que muy escasa. Véase SANCHEZ RON (1989, 1992a, 1992b y 1998)

Desde otra perspectiva, SOLÍS (2000), p. 55, apunta la no inclusión de España en el Plan Marshall tras la II Guerra Mundial como uno de los factores clave del olvido de la ciencia y la tecnología en esta etapa.

Este olvido se mantuvo en la Transición, como lo demuestra el que en los Pactos de la Moncloa no se hiciesen alusiones a la Ciencia y la Tecnología. En ese momento las preocupaciones se centraban en la consecución de las necesarios reformas políticas en España con estabilidad política y social. No obstante, en 1978 se crea el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) como organismo autónomo del Ministerio de Industria y Energía y con el apoyo del Banco Mundial.

En cualquier caso, este olvido debe achacarse a los políticos encargados de "gestionar" la transición a la democracia, no a los constituyentes. Así, en la Constitución Española se recoge en su artículo 44.2 que "los poderes públicos promoverán la ciencia y la investigación científica y tecnológica" y en el artículo 149.1.15 que "es competencia del Estado el fomento y la coordinación general de la investigación científica y tecnológica".

Universidad de Huelva 2009

Los diversos Programas que componen las diversas etapas del PNID se agrupan en tres grandes categorías. En primer lugar los Programas Nacionales, en los que se encuadran las áreas prioritarias que, en número de cuatro, agrupan, aunque con ciertos cambios de nomenclatura de una etapa a otra del plan, los diversos programas en Calidad de Vida y Recursos Naturales, Tecnologías de la Producción y las Comunicaciones, Programas Socioeconómicos y Culturales, que desaparecen en el III PNID, y Programas Horizontales y Especiales. En segundo lugar, los Programas Sectoriales, que incluyen la Promoción General de Conocimiento, la Formación de Profesorado y Perfeccionamiento de Personal Investigador, y la I+D Agraria y Alimentaria. Por último, los Programas Acordados con Comunidades Autónomas, que se han limitado a la Química Fina en Cataluña y las Nuevas Tecnologías para la Modernización de la Industria Tradicional en la Comunidad Valenciana. En el II PNID sólo se mantuvo la Química Fina que acabó por desaparecer en el III PNID.

Por otro lado, en la medida en que se han ido descubriendo solapamientos entre diferentes programas, que generaban ciertas disfunciones en la gestión y evaluación de los mismos, se iban reestructurando las diferentes áreas de los programas nacionales de un Plan al siguiente, con el objetivo de eliminar aquellos contornos que se presentaban más difusos, dotando así a los planes de un mayor grado de concentración finalista[105]. Así, puede decirse que "las dos fases iniciales del Plan Nacional pusieron especial énfasis en el fomento de la I+D en España y, por lo tanto, en el *empuje de la Ciencia (science push)*. El III Plan inicia una tendencia en la que el énfasis debe recaer sobre el *tirón de la demanda*

[105] Véase CICYT (1995a) para un análisis más detallado.

Universidad de Huelva 2009

(damand pull)"[106]. Esta reorientación del Plan hacia la demanda de tecnología por parte del tejido productivo se manifiesta en la inclusión de un nuevo Programa Nacional de Fomento de la Articulación del Sistema Ciencia–Tecnología–Industria (PACTI), que se encuadró dentro de los programas horizontales y especiales.

Desde otra perspectiva, las acciones que se enmarcan dentro de los programas que acabamos de reseñar, pueden clasificarse según seis ejes de actividad, cuyos objetivos describimos sucintamente a continuación. Con la Formación del Personal Investigador (FPI) se pretende fomentar tanto la formación de nuevos investigadores como la actualización permanente de los ya existentes y los que se incorporen. En segundo lugar, los Proyectos de Investigación (PI) cumplen con el objetivo de potenciar la investigación básica en los centros de investigación existentes, fundamentalmente públicos y en menor número privados. Los recursos de Infraestructuras (INF) deben permitir dotar de la adecuada estructura científico–técnica a la red de laboratorios de las diferentes regiones del Estado. Además, las Acciones Especiales se plantean como un mecanismo capaz de dar soporte y cobertura rápida y eficaz a actividades como la preparación de eventos, cursos, congresos, jornadas y seminarios, la asistencia a los mismos o la preparación de proyectos internacionales, que pese a no ser directamente I+D son imprescindibles para que las actividades puramente de I+D puedan realizarse, o difundirse sus resultados. Estos ejes, claramente orientados a las actividades básicas y de la oferta de investigación y desarrollo tecnológico se ven completados con dos ejes cuya vocación es potenciar y hacer más fluidas las relaciones entre el sector público y el empresarial, es

[106] CICYT (1995a), p. 117.

Universidad de Huelva 2009

decir, conectar la oferta con la demanda. Así, los Proyectos Concertados (PC) son el instrumento diseñado para promover la colaboración entre los Centros Públicos de Investigación (CPI) y las empresas, en proyectos de investigación, con el doble objetivo de potenciar la I+D en las empresas y al mismo tiempo articular el STCI español. Estos son gestionados por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) y financiados parcialmente por la propia empresa y en gran medida mediante créditos sin interés y subvenciones directas del Ministerio de Industria. Por último, las Acciones PETRI (Programa de Estímulo para la Transferencia de Resultados de la Investigación) tienen como objetivo potenciar el flujo de los resultados palpables de las actividades de I+D desde los grupos de investigación al sector público, a las empresas y, en resumen, al conjunto del sistema económico.

Las acciones del PNID son completadas con las llevadas a cabo por el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), cuyos orígenes se remontan a 1978, asociados a un préstamo del Banco Mundial[107]. En cuanto se refiere a las acciones del CDTI, estas son fundamentalmente de tres tipos. En primer lugar, los Proyectos Concertados, cuyo objetivo es promover la colaboración entre los Centros (Públicos) de Investigación y las empresas en el desarrollo de Proyectos Tecnológicos (la mayor parte de ellos precompetitivos) y contribuir así a la articulación del Sistema Ciencia–Tecnología–Industria. Estos Proyectos representan además la intersección entre el CDTI y el PNID, puesto que aunque están gestionados por el primero, son financiados con los fondos destinados a tal efecto en el Plan Nacional. Por otro lado, los Proyectos de Desarrollo Tecnológico,

[107] MÉNDEZ Y RODRÍGUEZ (1991), p. 34.

Universidad de Huelva 2009

consistentes en créditos a bajo interés financiados por los fondos que el Ministerio de Industria destina al Plan de Actuación Tecnológica e Industrial (PATI), actualmente Plan de Fomento Tecnológico e Industrial (PFTI), que presentan una mayor orientación al mercado. Finalmente, los Proyectos de Innovación Tecnológica, cuyo objetivo es la incorporación y asimilación de nuevas tecnologías por parte de las empresas y aunque también están incluidos dentro del PATI, se financian con créditos a bajo interés en colaboración con entidades bancarias. A los efectos del presente estudio, consideraremos conjuntamente ambos tipos de proyectos, a los que nos referiremos como PDIT en cuadros y gráficos. Dentro de ellos también incluiremos los Proyectos de Promoción Tecnológica con los que pretende ayudar a la comercialización de las tecnologías desarrolladas en nuestro país así como la incorporación de nuevas tecnologías al tejido productivo.

Por último, podemos atender a la distribución de los recursos, tanto del PNID como del CDTI, por Comunidades Autónomas hasta qué punto existe una concentración territorial de los mismos o si por el contrario la distribución tiene que ver con el peso relativo de cada región en el conjunto del país. Esto nos permitirá hablar de los efectos que el Plan tiene sobre la evolución de las disparidades centro–periferia y la cohesión en términos científicos y tecnológicos. Este marco de análisis presenta gran importancia para nosotros en la medida en que estamos estudiando el STCI regional en Andalucía y, aunque volveremos sobre ello más adelante, las conclusiones de los principales trabajos que se han aproximado a esta cuestión no son nada alentadoras. En España no sólo los mayores desequilibrios se encuentran en materia de I+D, sino que las políticas desarrolladas han tenido una lógica más de transferencia fiscal que de desarrollo humano, por

Universidad de Huelva 2009

lo que se han incrementado los desequilibrios existentes entre el centro y la periferia[108].

b) Las diversas etapas del PNID y de las acciones del CDTI

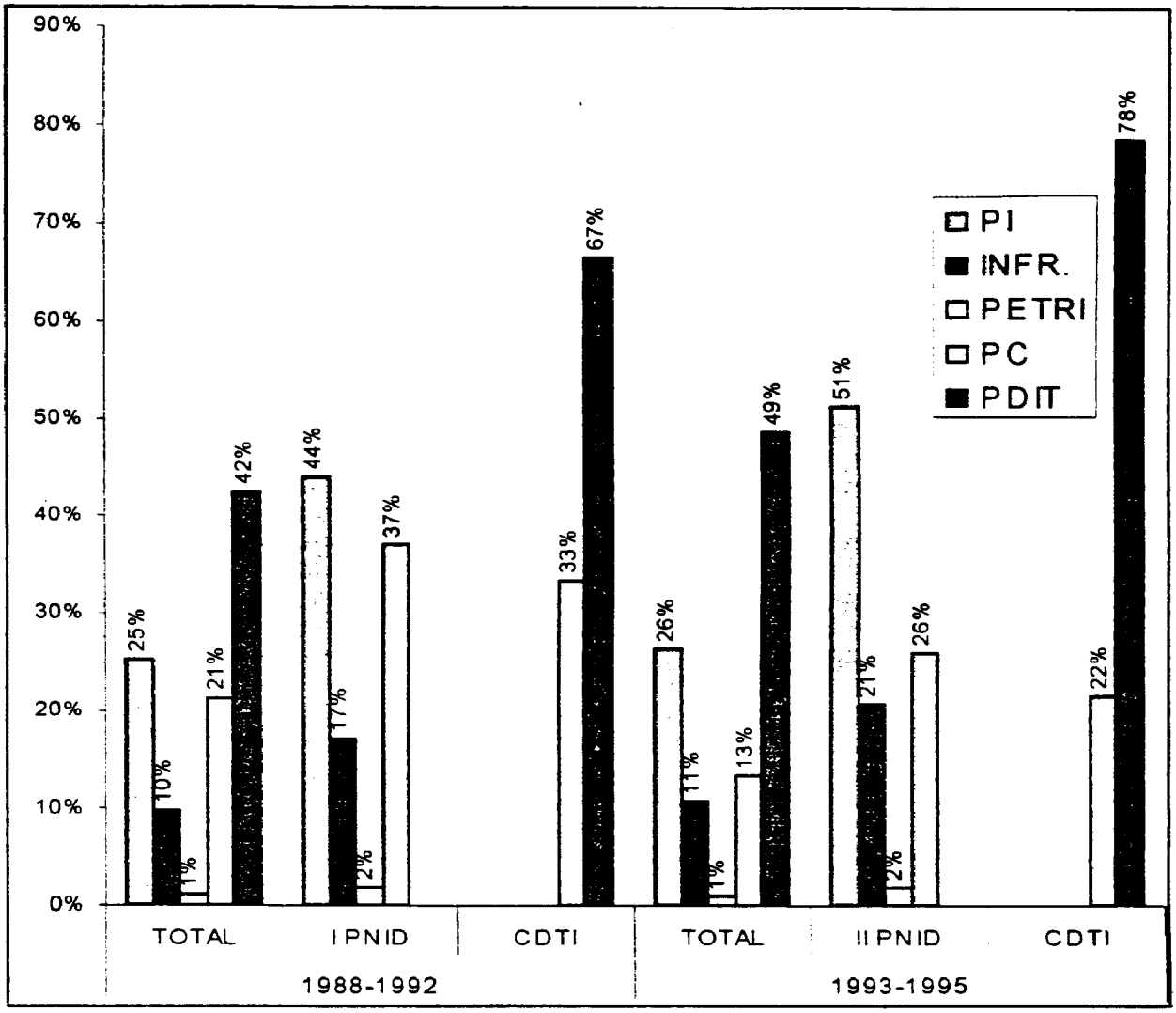
Pasamos a continuación a estudiar algo más detenidamente las diversas etapas en que podemos dividir las diferentes acciones de los dos elementos principales del SCTI español, el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico y el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial. Para ello seguiremos las tres posibles clasificaciones que pueden hacerse de la distribución de sus fondos, por ejes de actividad, por programas y por comunidades autónomas, haciendo especial hincapié en cuanto se refiere a Andalucía.

Como podemos ver en el Gráfico 4.5, existe una clara especialización entre el PNID y el CDTI. Mientras que el primero se centra fundamentalmente en las actividades de investigación básica, el CDTI vuelca sus esfuerzos especialmente en el Desarrollo y la Innovación tecnológica, incrementándose esta especialización a lo largo del tiempo. Además, el CDTI es el principal instrumento del SCTI en la medida en que gestiona más del 60% de los fondos totales destinados a las actividades de I+D.

[108] Véase MÉNDEZ Y RODRÍGUEZ (1991) y Landabaso (1997) para un análisis más profundo de estas conclusiones.

Universidad de Huelva 2009

GRÁFICO 4.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS FONDOS DEL PNID POR EJES DE ACTIVIDAD



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CDTI y CICYT.

Dentro del PNID, el principal eje de actividad lo constituyen los Proyectos de investigación, cuyo peso aumenta en el tiempo, lo que parece indicar una apuesta por la investigación básica. Los Proyectos concertados constituyen la segunda prioridad aunque su peso disminuye, a favor tanto de los Proyectos de Investigación como de la Dotación de Infraestructuras. Este hecho, indica una escasa implicación del sector privado en las actividades de I+D y el hecho de que se reduzca su participación en una

Universidad de Huelva 2009

fase recesiva, pone de manifiesto el carácter cíclico de este tipo de actividades en el sector empresarial español. Por último, las acciones de difusión y transferencia de los resultados (PETRI) constituyen un eje residual que apenas alcanza el 2% del total de acciones, lo que corrobora la escasísima articulación y vinculación de los centros de investigación (la mayoría públicos) con el sistema productivo y en general con el sistema económico en su conjunto.

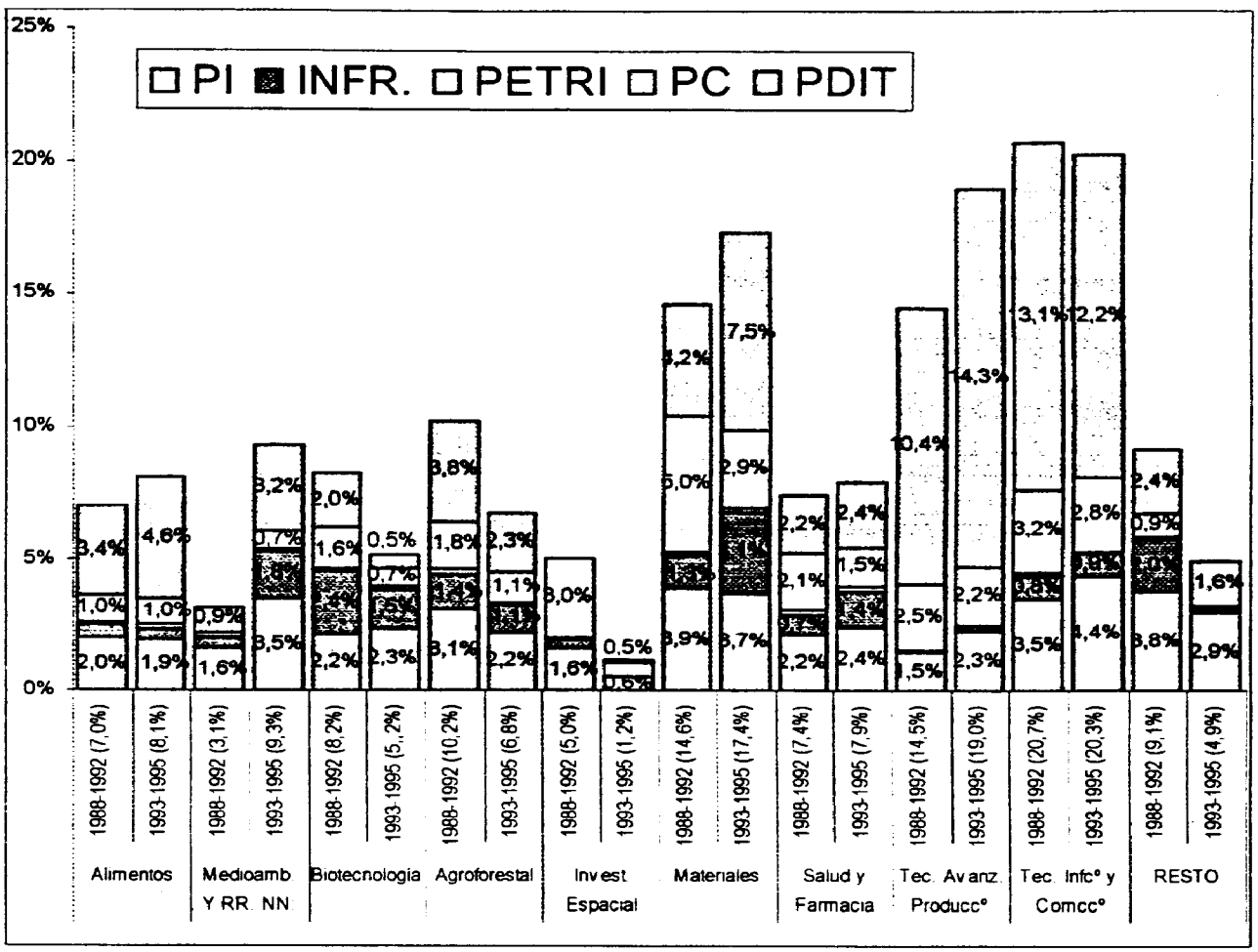
Una mirada a los datos de los fondos totales (PNID más CDTI, sin contabilizar doblemente los PC), comparada con los del PNID y el CDTI por separado, nos aclara esta evolución. Tanto unos datos como otros, nos indican una reducción significativa de la importancia de los PC, de naturaleza precompetitiva, al mismo tiempo que aumentan los PDIT (Proyectos de Desarrollo e Innovación Tecnológica), más orientados al mercado y a la incorporación de tecnologías ya comercializadas, así como los Proyectos de Investigación (PI) y los de Infraestructuras. Esto confirma la falta de implicación del sector empresarial en la generación propia de nuevas tecnologías, prefiriendo incorporar las ya existentes en el mercado. En resumen, podemos decir que hay una tendencia a la especialización del PNID en investigación básica y dotación de infraestructuras y del CDTI en la promoción de la incorporación y asimilación de nuevas tecnologías, mientras que las empresas muestran poco interés en generar ellas mismas tecnología.

En el Gráfico 4.5. se muestra la distribución del Plan Nacional de I+D según los programas de actuación, en el que hemos destacado aquellos que reciben más del 5% de los fondos en al menos una de las etapas del mismo,

Universidad de Huelva 2009

lo que nos permite tener una idea de la concentración sectorial del Plan y su evolución en el tiempo.

GRÁFICO 4.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS FONDOS DEL PNID POR PROGRAMAS



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CDTI y CICYT.

De dicho gráfico se desprende una tendencia a la concentración sectorial cada vez mayor, pues los tres principales programas pasan de suponer el 50% de los fondos en 1988–1992 al 56% en 1993–1995, mientras que sin consideramos los cinco programas con más participación las cifras son el 60% y el 74% respectivamente. Los principales programas a los que acabamos de aludir, han sido los relacionados con los nuevos

Universidad de Huelva 2009

materiales, las tecnologías avanzadas de la producción y aquellos que lo están con las tecnologías de la información y la comunicación, que además ven incrementada su dotación a lo largo del tiempo.

Igualmente han aumentado sus dotaciones, aunque tienen menor peso en el total, los programas de Salud y Farmacia, Tecnologías Avanzadas de la Producción, y Medioambiente y Recursos Naturales, estos de forma notable, pues pasan del 3% a casi el 10% de un período a otro. Todo ello nos permite afirmar que los programas prioritarios han sido los que podemos relacionar con la calidad de vida, los recursos naturales y las tecnologías de la información y las comunicaciones. Las Tecnologías de los Alimentos se mantienen en una discreta posición, aunque con un ligero incremento en el tiempo, entre el 7% y el 8%, mientras que se reduce el peso de la Biotecnología, las Ciencias Agroforestales y la Investigación Espacial, esta última hasta representar una participación residual de poco más del 1%, cuando era del 5% en la primera etapa.

Por otro lado, si atendemos al reparto de los fondos de cada programa entre los distintos ejes de actividad, observamos como se produce una reducción general de los Proyectos Concertados, en consonancia con cuanto dijimos al analizar la evolución de los diferentes ejes de actividad en conjunto. En segundo lugar, la participación en Proyectos de Desarrollo e Innovación Tecnológica es mayor en aquellos programas que como acabamos de ver concentran la mayor parte de los fondos, en especial las Tecnologías de la Información y la Comunicación, las Tecnologías Avanzadas de la Producción y los Materiales, estos dos últimos incrementando además su participación en el tiempo. El eje PDIT también

Universidad de Huelva 2009

tiene una importancia destacable en las Tecnologías de los Alimentos, y cobra en el período 1993–1995 una especial relevancia en el sector de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en el que llega a igualar la importancia de los Proyectos de Investigación. En tercer lugar, la distribución por programas de los fondos destinados a proyectos de investigación presenta una menor concentración (50% y 60% en los respectivos períodos), aunque la participación es siempre mayor en los principales programas. Finalmente, los fondos destinados al programa de Ciencias Agroforestales han sido reducidos en todos los ejes de actividad, lo que pone de manifiesto una regresión en el orden de prioridades.

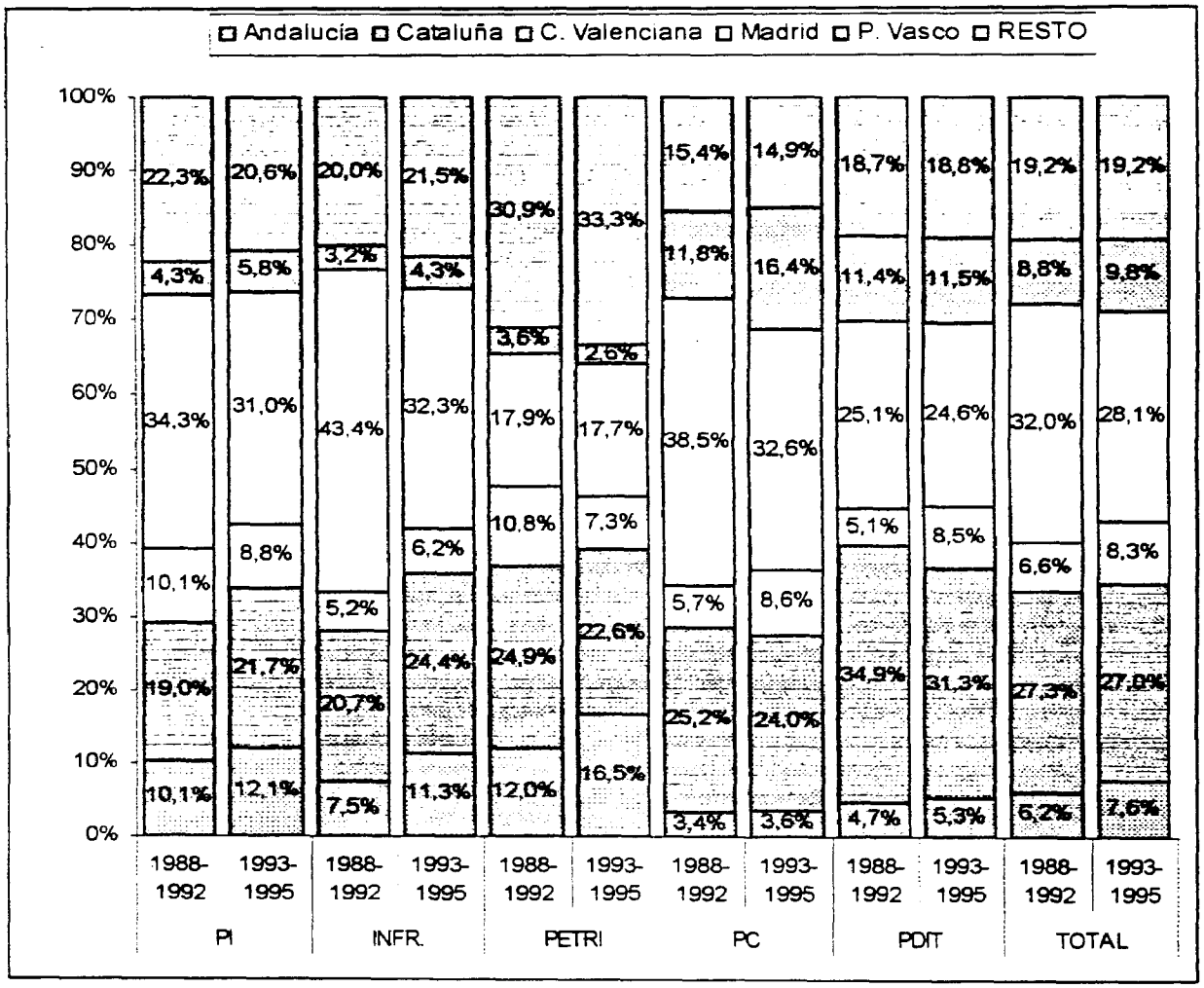
En cuanto se refiere a la distribución geográfica de los fondos, como podemos observar en el Gráfico 4.3, entre cinco Comunidades Autónomas (Madrid, Cataluña, Andalucía, Comunidad Valenciana y País Vasco, por orden de importancia), acumulan el 80% de los mismos, destacando Madrid, siempre por encima del 25%, aunque reduciendo su participación del 32% al 28%. Por otro lado, puesto que el resto de Comunidades se mantienen en una discreta posición ligeramente por debajo del 20%, la reducción en el peso de Madrid no ha generado una disminución en la concentración de los recursos del PNID, sino una redistribución entre las otras cuatro principales Comunidades en esta materia, que aumentan ligeramente su participación.

Pero si atendemos a la distribución geográfica según los distintos ejes de actividad, las diferencias son notables. Así, la concentración se reduce al 70% en las Acciones PETRI, cuya importancia dentro del PNID es residual, como ya hemos visto. Sin embargo, en los Proyectos Concertados

Universidad de Huelva 2009

la concentración alcanza el 85% y en los de Desarrollo e Innovación Tecnológica el 81%. Además, en estos dos ejes, las tres principales Comunidades (Madrid, Cataluña y País Vasco), alcanzan el 75% y el 70% respectivamente, aunque con ligera reducción en el tiempo, lo que pone de manifiesto el escaso dinamismo empresarial en materia de I+D en las restantes Comunidades. Además, Madrid pierde la primera posición a favor de Cataluña en los proyectos PDIT.

GRÁFICO 4.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS FONDOS DEL PNID



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del CDTI y CICYT.

Universidad de Huelva 2009

La concentración es menor en cuanto se refiere a las actividades llevadas a cabo por los diferentes centros públicos de investigación, como lo ponen de manifiesto los datos de la distribución de los fondos destinados a Proyectos de Investigación. No obstante, las cinco comunidades señaladas siempre se mantienen muy próximas al 80% de los fondos e incluso incrementan su participación a lo largo del tiempo, a excepción de las Acciones PETRI.

Queremos finalizar esta breve presentación con las conclusiones de un reciente estudio sobre la actividad regional del CDTI[109]. En primer lugar cabe destacar que ha contribuido a la modernización tecnológica de un importante número de empresas, en su mayoría PYME. No obstante, el número de empresas que han acudido a estos programas de ayudas públicas sigue siendo comparativamente reducido. Además, en lo que se refiere a su distribución regional, la heterogeneidad es la característica más destacable.

Por otra parte, en este estudio también se analizan las distintas comunidades autónomas desde dos puntos de vista. De un lado en función de la proporción de la demanda regional de tecnología satisfecha por centros de investigación radicados en la región y su capacidad para exportar tecnología. De otro, en función del papel articulador o dependiente en la cooperación entre Comunidades Autónomas. Las principales conclusiones pueden resumirse como sigue[110]:

[109] NIETO *et al.* (1999).

[110] Sólo nos referimos a las conclusiones para Madrid y Cataluña por tener el mayor potencial científico y tecnológico y a Andalucía por ser la región que nos ocupa.

Universidad de Huelva 2009

- MADRID aparece como el principal centro articulador de la cooperación entre Comunidades Autónomas. Es un claro centro difusor, tanto por la concentración de Centros Públicos de Innovación (CPI) como por el llamado "efecto sede". Además, gracias a su alto potencial científico, es capaz de responder tanto a su propia demanda como a la demanda externa. Se constituye así en el gran centro de referencia para la demanda empresarial de todo el Estado.

- CATALUÑA tiene un comportamiento sorprendente y atípico. A pesar de su alto potencial científico apenas exporta los resultados de sus CPI, que están destinados casi exclusivamente a su demanda interna. Quizás por esto es simplemente un centro secundario de cooperación, articulado en el eje Madrid–Cataluña–País Vasco o bien en el eje Cataluña–Valencia–Aragón.

- ANDALUCÍA es una región demandante neta de innovación y tiene poca proyección hacia el exterior. No articula ningún subsistema de cooperación, manifestando una clara dependencia de Madrid.

4.4.2. Las acciones en materia de investigación científica y desarrollo tecnológico en el ámbito europeo.

Aunque los efectos directos de las diferentes políticas europeas sobre Andalucía y sobre España sólo toman cuerpo legal a partir de la incorporación a la Comunidad Económica Europea el 1 de enero de 1986, no debemos olvidar que la conformación exacta en que las encontramos es el fruto de una andadura que comenzaron los seis países firmantes del Tratado de Roma en 1957. Así, cuando estudiemos la consideración que la

Universidad de Huelva 2009

investigación científica, la innovación y el cambio tecnológico han tenido a lo largo del tiempo, a medida que hemos avanzado en la construcción de la Unión Europea, no podremos olvidar las circunstancias y principios sobre los que se fundó el mencionado Tratado, así como los posteriores acuerdos y tratados, desde el Acta Única Europea hasta los criterios de convergencia para alcanzar la Unión Económica y Monetaria.

Por otro lado, no debemos olvidar que la construcción europea partió de una dualidad o contradicción. Los países miembros estaban aplicando políticas económicas nacionales de corte keynesiano, que encomendaban al Estado un papel preponderante en la actividad económica para conseguir mejoras de la productividad, asociadas a elevados niveles de cualificación del factor trabajo y a una extensa red de protección social, el llamado "modelo social europeo". Sin embargo, la integración en la Comunidad Económica Europea se estaba diseñando desde principios neoclásicos, a través de la creación de un área de libre comercio y de una unión aduanera, cuyos efectos se esperaba que fuesen el aumento de la renta per cápita y la reducción de las desigualdades.

Igualmente encontramos otra dualidad o contradicción en su evolución más reciente si atendemos a los diferentes conceptos de convergencia. Por un lado, la convergencia nominal, que ha establecido los criterios para acceder a la moneda única y la Unión Económica y Monetaria, cuya andadura definitiva estamos comenzando. Estos criterios se establecieron con el objetivo de garantizar la estabilidad económica gracias a la aproximación de las principales magnitudes macroeconómicas, lo que permitiría desarrollar y aprovechar los efectos beneficiosos de un mercado

Universidad de Huelva 2009

común, que redundarían en última instancia en la reducción de las desigualdades. Por otro, la convergencia real, que hace referencia al acercamiento en las variables socioeconómicas como la renta per cápita y los niveles de empleo. En esta dicotomía, mientras la convergencia nominal se puede plantear desde una perspectiva nacional, la convergencia real requiere un desarrollo que debe ser más preciso que las comparaciones nacionales, por lo que se hace necesaria una aproximación a los niveles regionales.

a) La evolución del marco jurídico–institucional de las acciones de I+D en el ámbito comunitario.

Desde la óptica neoclásica con la que se concibió el Tratado de Roma y posteriormente se diseñó la incipiente Comunidad Económica Europea, la necesidad de adoptar políticas económicas en cualquier ámbito se consideraba exigua. Así, no es de extrañar que no se creasen instrumentos con base jurídica para desarrollar acciones comunes en materia científica y tecnológica, a los que sólo se hace referencia de forma marginal para permitir excepcionalmente acuerdos de cooperación entre empresas siempre que no alteren los procesos de competencia. No obstante, sí que se contemplaban la investigación agraria y ciertas acciones relacionadas con la I+D de ámbito comunitario en sectores concretos, como son la Comunidad del Carbón y del Acero (CECA) y la energía atómica (EURATOM), aunque sin demasiada intensidad.

En estas circunstancias, las crisis de la década de 1970 vinieron a golpear el proceso de construcción europea, adoptando los estados

Universidad de Huelva 2009

miembro una política de "sálvese quien pueda"[111] que postergó más si cabe la política tecnológica común.

Tuvieron que pasar veinte años desde la firma del Tratado hasta que a finales de la década de 1970 se estableciesen las primeras directrices en materia de política de I+D comunitaria, centradas fundamentalmente en el campo energético. Y ello como resultado de la mayor experiencia de cooperación en dicho terreno, fruto de los tratados de la CECA y EURATOM, aunque también como consecuencia de las preocupaciones por los efectos y el impacto de la crisis del petróleo[112]. El control de las fuentes de energía era percibido como la llave de la estabilidad política y el desarrollo industrial[113]. Estas directrices, aunque no disponían de soporte jurídico para su desarrollo, sí que supusieron los cimientos en los que posteriormente se apoyó el I Programa Marco de I+D (1984–1988), primer instrumento de política científica y tecnológica europea común.

Con el I Programa Marco se trataba de agrupar en un programa plurianual las diversas acciones y programas que hasta ese momento se venían llevando a cabo de forma separada y descoordinada y, por otro lado, de dotarlo de los oportunos y necesarios medios de previsión financiera. Además, se pretendía no sólo coordinarlo con las actividades nacionales, sino también obtener la colaboración y coparticipación de los Estados miembros. Sin embargo, este último objetivo no pudo lograrse por las reticencias nacionales, que sólo pudieron verse superadas tras el éxito de

[111] ARAGÓN (1999), p 38.

[112] MUÑOZ (1995).

[113] SOLÍS (2000), p. 26.

Universidad de Huelva 2009

programas concretos en el campo de las tecnologías de la información y la comunicación, los nuevos materiales y la biotecnología[114].

Es en la etapa final de este I Programa Marco cuando se incorpora España a él, tras su adhesión a las Comunidades Europeas en 1986. Sus objetivos en esos momentos iniciales se orientaban hacia la incorporación a consorcios ya establecidos. Poco después tiene lugar la firma del Acta Única Europea, que supuso un cambio considerable para todas las políticas comunitarias y nacionales, no sólo por el compromiso de finalizar el proyecto de mercado único europeo y de garantizar la libre circulación de bienes, servicios, factores de la producción y personas, sino especialmente por la integración del concepto de cohesión económica y social en el Tratado, que establecía como objetivo de todas las políticas la consecución de dicha convergencia[115].

Los efectos del Acta Única sobre las políticas científicas y tecnológicas tienen mucho que ver con la inclusión en ella del Título VI, sobre investigación y desarrollo tecnológico, por el que la Comunidad se fija como objetivo fortalecer las bases científicas y tecnológicas de la industria europea y favorecer el desarrollo de su competitividad internacional, para lo que se dota un programa marco de actuaciones en este ámbito. Fruto de dicho objetivo y del reconocimiento de la política de I+D como una política de competencia comunitaria es el II Programa Marco (1987–1991), que pone su énfasis en las tecnologías de la información y las comunicaciones, atenuando así la preponderancia

[114] SOLÍS (2000), p. 31.

[115] A este respecto puede verso el Título V del tratado, en especial el Artículo 130 del mismo.

Universidad de Huelva 2009

hegemónica que hasta entonces habían tenido la agricultura y el campo energético. Además, las acciones del Programa Marco se verán apoyadas por los fondos estructurales (a través de las acciones del FSE, el FEOGA y especialmente del FEDER), cuyos recursos se vieron duplicados, dedicándose en parte al desarrollo de infraestructuras de I+D en las regiones con menores niveles de renta. Así, el Programa Marco se ocupa de la calidad científica mientras que los fondos estructurales se centran en reforzar las capacidades e infraestructuras regionales en ciencia y tecnología.

Estas orientaciones fueron continuadas en el III Programa Marco (1991–1994) y se vieron reforzadas por dos hechos. En primer lugar, la firma del Tratado de Maastricht en 1992, que en su artículo 130h señala que "La Comunidad y los Estados miembros coordinarán sus actividades de investigación y desarrollo tecnológico con el fin de asegurar la consistencia mutua entre las políticas nacionales y la política de la Comunidad", lo que supone un refuerzo para la concepción de la acción comunitaria en I+D que va más allá de la simple coordinación de las acciones nacionales, para intervenir directamente, dentro del respeto del principio de subsidiariedad[116].

El segundo de estos refuerzos lo constituye la publicación en 1993 por la Comisión de las Comunidades Europeas del *Libro Blanco sobre Crecimiento, Competitividad y Empleo* o Libro Blanco de Delors. En dicho documento se señala que el papel de la I+D es contribuir al crecimiento económico, reforzar y mejorar la competitividad internacional e impulsar el

[116] ARAGÓN (1999), p. 39.

Universidad de Huelva 2009

empleo en la Unión Europea, lo que requiere que se cumpla una serie de condiciones: en primer lugar, un nivel suficiente de financiación, para alcanzar, tanto niveles de Gasto en I+D como número de investigadores e ingenieros, semejantes a los de Estados Unidos o Japón, los principales competidores, así como la homogenización de dichos niveles entre los Estados miembros; por otro lado, la definición de una tipología adecuada de las actividades de investigación a desarrollar, y en tercer lugar, la adopción de mecanismos eficaces de transferencia de los resultados de la actividad científica e investigadora al sector productivo, de forma que deriven en aplicaciones industriales y comerciales, lo que requiere una conexión adecuada entre los centros de investigación y las empresas.

Una parte importante de estas reflexiones del Libro Blanco orientaron las prioridades del IV Programa Marco (1994–1998) y posteriormente cristalizaron en las propuestas del *Libro Verde sobre la Innovación* de 1995 y en el Primer Plan de Acción para la Innovación en Europa de 1997, cuyos principales objetivos se centran en la protección de la propiedad intelectual, la financiación de las actividades de innovación, la simplificación del marco normativo y administrativo, el apoyo a la educación y la formación, la orientación de la investigación hacia la innovación y una mayor coordinación de las acciones.

En el Libro Verde se constata que cualquier empresa necesita para innovar una serie de competencias más allá del factor tecnológico, que sigue siendo clave. No obstante, los recursos humanos constituyen el factor esencial. Por ello se tornan sumamente importantes la calidad del sistema educativo y la capacidad organizativa de la producción y el trabajo.

Universidad de Huelva 2009

Además, señala que es responsabilidad de los poderes públicos prever los ajustes necesarios en vez de sufrirlos y tomar las acciones necesarias para extraer el máximo beneficio de todos los esfuerzos realizados en materia de investigación[117].

En cuanto a la situación de la Unión Europea en materia de investigación, se ratifica el análisis presentado en el Informe Ciampi. A pesar de las crecientes dotaciones financieras y esfuerzos realizados, la situación en la Unión Europea no es satisfactoria. Aunque ha mejorado la competitividad frente a Estados Unidos y Japón, la posición europea sigue siendo frágil por la menor especialización en productos de alta tecnología y fuerte crecimiento. Por otro lado, una de las principales deficiencias de los sistemas de innovación europeos es el insuficiente nivel de innovaciones organizativas, que lleva a la persistencia de modelos que se han mostrado ineficientes y de fórmulas de gestión poco eficaces.

Pero quizás la conclusión más llamativa sea la que se ha calificado como "paradoja europea". Esta paradoja se caracteriza por disponer de un alto potencial y unos excelentes resultados científicos y, a pesar de ello, experimentar un deterioro en los resultados tecnológicos en los sectores punta y, especialmente, una dificultad para transformar el potencial científico y tecnológico en innovaciones reales, es decir, en ventajas competitivas.

[117] COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1995), pp. 4–6. Insiste además en que ello debe llevarse a cabo a pesar de que afecte a varias políticas, como la industrial, la de I+D, educación, competencia, fiscales, regionales, apoyo a las PYME, medio ambiente,..., que es necesario aplicar de forma coherente.

Universidad de Huelva 2009

Para hacer frente a esta situación, el Libro Verde señala que es necesario comprender que la innovación no es únicamente un mecanismo económico o un proceso técnico. Ante todo es un fenómeno social a través del cual los individuos y las sociedades expresan su creatividad, sus necesidades y sus deseos, así como la forma en que se da respuesta a las necesidades del presente y se logra mejorar las condiciones de vida. Además, la diversidad en la realidad europea requiere una política tecnológica que favorezca la convergencia. Por ello se requiere una coordinación con las políticas nacionales y de éstas entre sí, reforzar el papel de las regiones y prestar atención especial a las PYME y las microempresas.

En este contexto, la firma del Tratado de Ámsterdam en 1997 supuso una modificación en el fundamento jurídico de las acciones de I+D comunitarias, en la medida en que la desaparición del requisito de voto por unanimidad facilita la adopción de decisiones en este ámbito. Sin embargo, esto puede tener como consecuencia un reforzamiento de las actuaciones de mejora de la competitividad de las empresas, en detrimento de las acciones para reducir los niveles de desigualdad económica y social entre los distintos territorios de la Unión Europea. Surge pues, de nuevo, una dicotomía o una contradicción cuya resolución dependerá del juego de intereses de los distintos agentes implicados y que marcará el desarrollo del V Programa Marco y de los Fondos Estructurales y de Cohesión[118].

[118] ARAGÓN (1999), p. 40.

Universidad de Huelva 2009

Siguiendo esta línea, en la ya mencionada reciente comunicación de la Comisión se ha constatado la necesidad de crear un Espacio Europeo de la Innovación cuyos principales objetivos han de ser:

- Crear las condiciones que permitan aumentar el impacto del esfuerzo en materia de investigación.
- Fortalecer la coherencia y la coordinación de todas las actividades y políticas de investigación realizadas en Europa.
- Recuperar el lugar central de la Ciencia en la sociedad.

La comunicación comienza con el reconocimiento, por un lado, de la investigación como uno de los motores fundamentales del progreso económico y social y como un factor clave par la mejora de la competitividad de las empresas, el empleo y la calidad de vida. Pero, por otro, también señala que continúan las debilidades estructurales en Europa, tanto en porcentaje del PIB destinado a la I+D como en número de investigadores, patentes y exportaciones por habitante. Ambas constataciones, junto con el proceso de mundialización de la economía, la comunicación y la aceleración del ritmo de progreso científico y tecnológico son las que han impulsado a la Comisión a desarrollar el Espacio Europeo de la Investigación.

Con él se pretende reforzar los esfuerzos públicos y privados y la colaboración de la Unión Europea, los Estados miembros y los agentes de la investigación para coordinar esfuerzos, actividades y políticas. En especial se pretende lograr una coherencia entre los Programas Marco y los

Universidad de Huelva 2009

distintos planes nacionales, mientras que hasta el momento sólo se habían limitado a yuxtaponerse unos a otros sin coordinación.

Como ya planteaba el Libro Verde, el establecimiento de redes de investigación, la actuación prioritaria en las PYME y las estructuras de investigación y los recursos humanos son ejes prioritarios, al tiempo que la perspectiva regional debe ir ganando peso.

b) La incidencia de las acciones comunitarias en el SCTI andaluz.

Los fondos públicos procedentes de la Unión Europea constituyen una fuente de financiación cada vez más importante para las Comunidades Autónomas, hasta el punto de permitirles, sumados dichos fondos con los de las políticas autonómicas propias, gestionar más recursos de I+D que la Administración Central[119].

Estos fondos que reciben las Comunidades Autónomas de la Unión Europea son de diversa índole, pero en materia de I+D se concentran en parte de las acciones FEDER, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo económico y la cohesión social y económica de las regiones menos desarrolladas y el Programa Marco de I+D, cuyos esfuerzos se centran explícitamente en el fomento de la investigación y el desarrollo tecnológico, para mejorar la competitividad de la economía europea, en especial frente a Estados Unidos y Japón, sus principales competidores.

[119] DURÁN, CRIADO, ROCHA y ZAPATERO (1999), p. 94.

Universidad de Huelva 2009

Los fondos FEDER están especialmente orientados hacia la mejora de la dotación de infraestructuras de las diferentes regiones europeas, aunque también llevan a cabo algunas acciones de I+D, estas últimas dentro de la iniciativa STRIDE y a partir de 1996 por un Programa Operativo destinado a financiar Proyectos de Investigación. Para analizar la distribución regional de estos fondos, acudiremos a los datos que a tal efecto se recoge en un ímprobo trabajo coordinado muy recientemente por Alicia Durán[120], así como los recogidos por Francisco Solís en su Tesis Doctoral[121].

No obstante, la disponibilidad de datos regionalizados es mucho menor de lo que sería deseable. Así, por ejemplo, para el período 1989–1992 sólo disponemos de datos regionalizados para las ayudas FEDER destinadas a Infraestructura Científica, mientras que de las acciones STRIDE sólo sabemos[122] que representan un 20% del conjunto de los fondos FEDER destinados a I+D y que el 67% se destinó a las universidades y el resto a otros centros y asociaciones de investigación, públicos y privados, pero no disponemos de datos regionalizados.

En el Gráfico 4.4 podemos comprobar la distribución por comunidades autónomas de los Fondos FEDER destinados a infraestructura científica y proyectos de I+D, para aquellos años en los que disponemos de información regionalizada. De nuevo destacamos la concentración en prácticamente las mismas regiones en las que se concentraban los fondos

---

[120] Concretamente, nos centraremos en los datos que aparecen en el capítulo 3 (DURÁN, CRIADO, ROCHA y ZAPATERO, 1999) en el que se analiza el SCTI español desde una perspectiva regional y en el capítulo 5 (DURÁN, ROCHA y ZAPATERO, 1999), dedicado a analizar el SCTI andaluz.

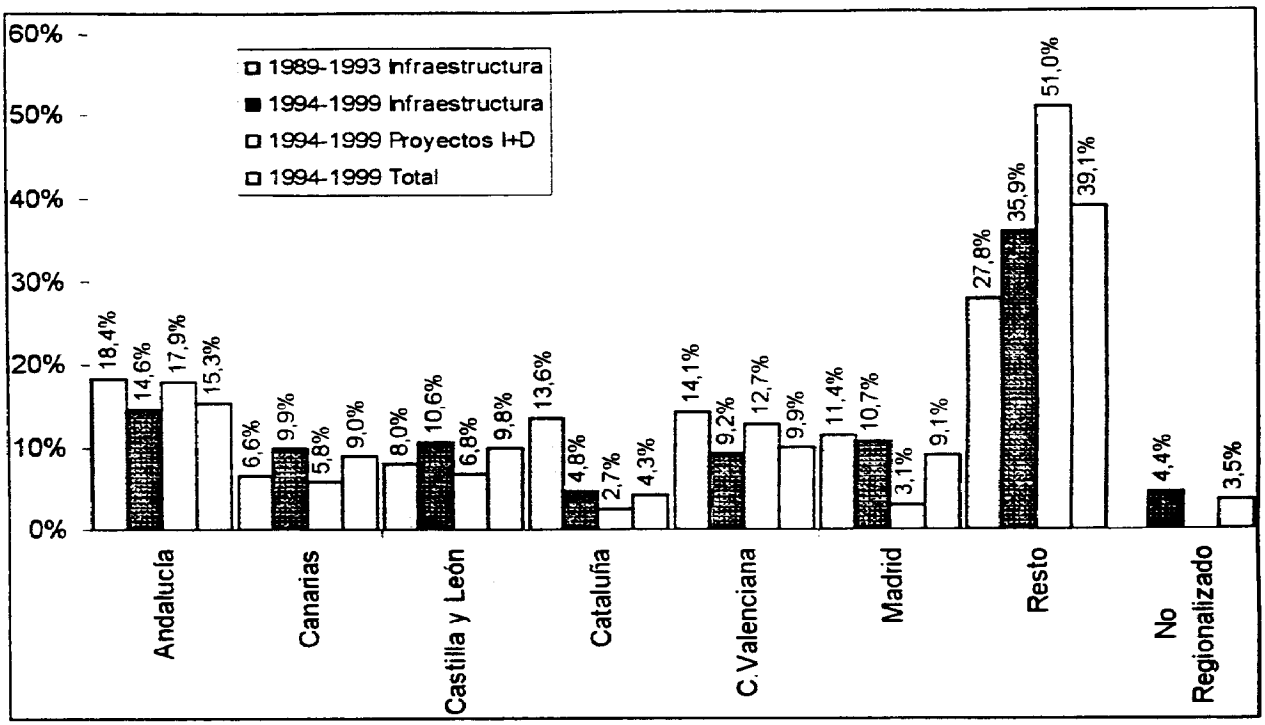
[121] Recientemente editada en SOLÍS (2000).

[122] Véase DURÁN, CRIADO, ROCHA y ZAPATERO (1999), pp. 94–95.

Universidad de Huelva 2009

nacionales, aunque con ciertas diferencias, en especial un menor peso de Madrid, que pierde el primer puesto en favor de Andalucía, así como una mayor igualdad entre estas regiones más destacadas. Este hecho es por otro lado lógico, dada la finalidad de cohesión que tienen dichos fondos. Además, la concentración tiende a disminuir en el tiempo, siendo menor para los proyectos de I+D que para las infraestructuras científicas.

GRÁFICO 4.4. DISTRIBUCIÓN POR CC. AA. DE LOS FONDOS FEDER DE I+D



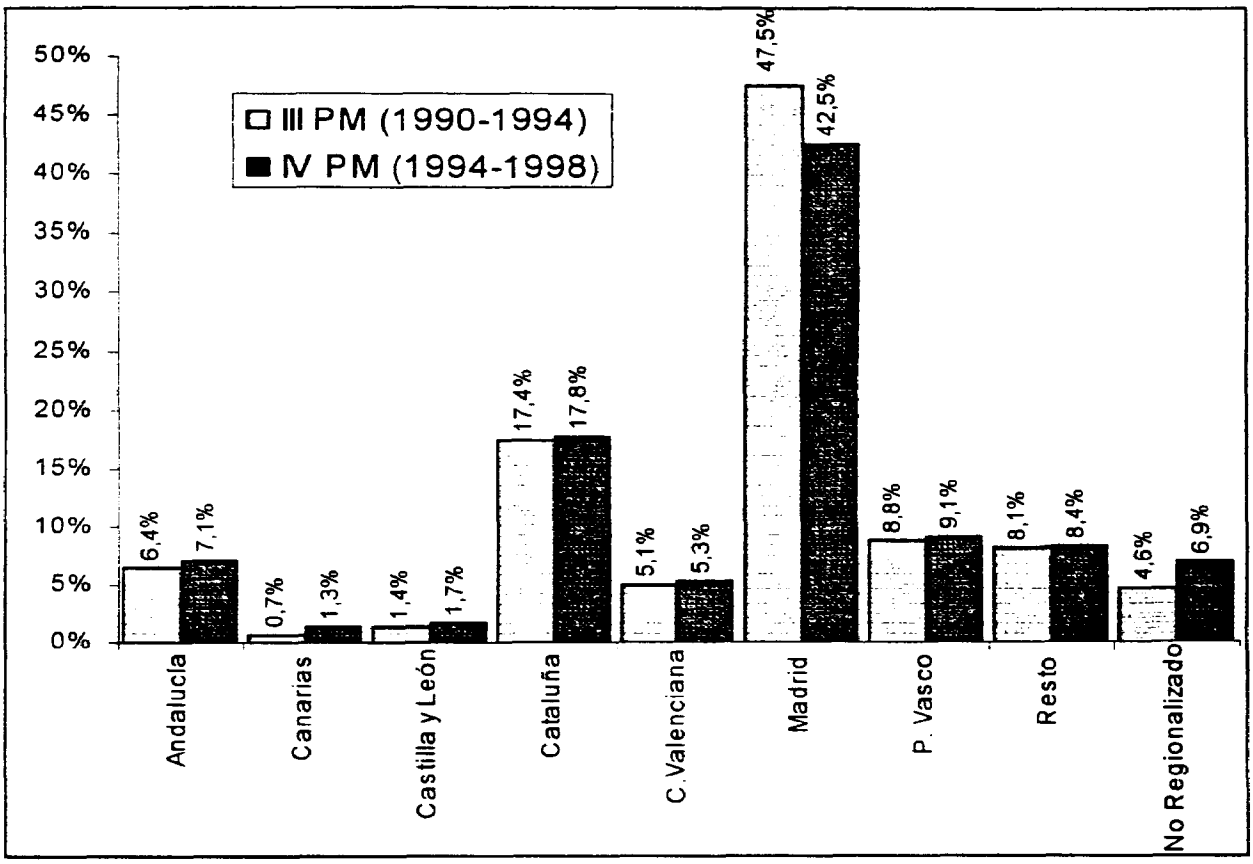
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DURÁN, CRIADO, ROCHA y ZAPATERO (1999), pp. 94–96.

Sin embargo, a la vista del Gráfico 4.5, comprobamos como la concentración regional es mucho mayor en los fondos explícitamente destinados a las actividades de I+D, de los que casi la mitad se quedan en la Comunidad de Madrid, el 17% Cataluña, el 9% el País Vasco y el 6% Andalucía, siendo residual la participación de dos regiones como Castilla y León y Canarias, que tenían un peso importante en el reparto de los fondos

Universidad de Huelva 2009

FEDER. Puesto que las acciones del Programa Marco requieren pasar un proceso de selección en el que se valora tanto la excelencia científica de las propuestas como la participación de varios países y la colaboración de empresas y centros públicos de investigación, la menor participación de las regiones menos desarrolladas pone de manifiesto su escasa capacidad tanto para movilizar el sector empresarial y comprometerlo en acciones de I+D, como su escasa integración en las redes europeas de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

GRÁFICO 4.5. DISTRIBUCIÓN POR CC. AA. DE LOS FONDOS DEL PROGRAMA MARCO I+D



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de DURÁN, CRIADO, ROCHA y ZAPATERO (1999), pp. 99–100.

Universidad de Huelva 2009

CUADRO 4.16. PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN EL II PROGRAMA MARCO POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

COMUNIDAD	nº. PARTICIPAC.	%	MILES DE ECUS	%
Andalucía	54	5.03	5.994	3.23
Aragón	13	1.21	995	0.54
Asturias	13	1.21	1.725	0.93
Baleares	4	0.37	108	0.06
Canarias	9	0.84	697	0.38
Cantabria	7	0.65	583	0.31
Castilla la Mancha	4	0.37	375	0.2
Castilla y León	20	1.86	1.586	0.86
Cataluña	191	17.78	27.738	14.96
Extremadura	3	0.28	500	0.27
Galicia	14	1.3	1.309	0.71
La Rioja	0	0	0	0
Madrid	577	53.72	114.513	61.76
Murcia	10	0.93	1.445	0.78
Navarra	9	0.84	1.504	0.81
País Vasco	94	8.75	18.005	9.71
Comunidad Valenciana	52	4.84	8.336	4.5
TOTAL	***1.074***	***100***	***185.413***	***100***

Fuente: SOLIS (2000), p. 205, Tabla 3.6.2.2.

En cuanto a la participación andaluza en los Programas Marco, viene reflejada en los Cuadros 4.16, 4.17 y 4.18. Como vemos, el número de proyectos aprobados ha sido creciente, triplicándose en el tercero respecto al segundo y duplicándose en el cuarto frente al tercero. Una evolución semejante han seguido los recursos financieros obtenidos por los proyectos andaluces. Estos hechos ponen de manifiesto una mejora en la calidad de la investigación en Andalucía, especialmente si tenemos en cuenta los elevados criterios exigidos por los Programas Marco, que se han incrementado sucesivamente. Esto se ha visto reflejado en una mejora en la participación relativa en el total de los fondos procedentes de los Programas Marco obtenidos por España, consolidándose en la cuarta posición tras Madrid, Cataluña y el País Vasco.

Universidad de Huelva 2009

CUADRO 4.17. III PROGRAMA MARCO I+D 1990–1994.

PROGRAMA	ANDALUCÍA		ESPAÑA	% ANDALUCÍA / ESPAÑA
	nº. proyectos aprobados	Cantidad concedida en Ecus	Cantidad concedida en Ecus	
Acción centros diseminación y explotación	--	--	673.000	--
Agricultura, agroindustria y pesca	21	3.228.929	15.195.000	21.24
Biomedicina y salud	22	428.283	6.143.000	6.97
Biotecnología	12	2.020.334	11.370.000	17.76
Capital humano y movilidad	62	6.677.727	36.656.000	12.76
Ciencias y tecnologías marinas	1	101.456	3.456.000	2.93
Energías no nucleares	8	534.951	11.551.000	4.63
Medidas y ensayos	13	143.710	3.315.000	4.33
Medio ambiente	14	1.790.064	17.290.000	10.35
Sistemas telemáticos de interés general	--	--	18.097.000	--
STD-3	10	786.321	3.873.000	20.30
Tecnología para mayores y discapacitados	--	--	1.263.000	--
Tecnologías de la información	9	2.336.774	82.264.000	2.84
Tecnologías de las comunicaciones	--	--	26.625.000	--
Tecnologías industriales y de los materiales	8	2.415.950	50.511.000	4.78
TOTAL	***180***	***18.464.499***	***288.282.000***	***6,41***

Fuente: SOLÍS (2000), p. 206, Tabla 3.6.2.3.

En lo que se refiere a la participación por programas, vemos como en Agricultura y Pesca es donde el peso de Andalucía en el conjunto de España es mayor, si bien se ha reducido considerablemente en el IV Programa Marco. Igualmente mantenemos una participación relativamente alta en Biotecnología y Medio ambiente. Además, en el IV Programa Marco mejora sustancialmente nuestra participación en Ciencias y Tecnologías Marinas, en Investigación Socioeconómica y en Energías no nucleares. Observamos pues una reorientación de esta participación hacia áreas que podemos considerar estratégicas para el desarrollo social y económico de Andalucía, como son las que tienen que ver con la biotecnología y las industrias agroalimentarias, la explotación de los recursos pesqueros y marinos, el medio ambiente y el desarrollo sostenible, y las energías alternativas, de las que Andalucía cuenta con un importante

Universidad de Huelva 2009

potencial. No obstante, estamos de acuerdo con Solís[123] en que esta participación es todavía demasiado pequeña con relación al potencial científico y económico de Andalucía:

CUADRO 4.18. IV PROGRAMA MARCO I+D 1995–1998.

PROGRAMA	ANDALUCÍA		ESPAÑA	% ANDALUCÍA / ESPAÑA
	nº. proyectos aprobados	Cantidad concedida en Ecus	Cantidad concedida en Ecus	
Aplicaciones telemáticas	11	1.227.514	33.175.000	3.75
Tecnologías de la comunicación	1	64.397	29.131.000	0.22
Tecnologías de la información	19	2.940.122	64.934.000	4.52
Tecnologías industriales y de los materiales	9	1.775.648	44.946.000	3.95
Normalización, medidas y ensayos	6	587.023	4.190.000	14.01
Medio ambiente y clima	34	3.730.343	25.111.000	14.85
Ciencias y tecnologías marinas	5	1.371.869	13.318.000	10.30
Biotecnología	21	3.658.964	24.065.000	15.22
Biomedicina y salud	5	265.119	14.191.000	1.86
Agricultura y pesca	38	5.215.556	32.497.000	16.04
Energías no nucleares	40	7.112.232	55.559.000	12.80
Seguridad en la Fusión Nuclear	1	107.536	8.176.000	1.31
Transporte	3	79.800	8.823.000	0.90
Investigación socioeconómica	7	516.836	4.020.000	12.85
Cooperación internacional	28	1.777.750	6.770.000	26.25
Difusión y explotación de resultados	11	1.967.974	20.266.000	9.71
Formación y movilidad de investigadores	98	7.612.422	59.538.000	12.78
TOTAL	***337***	***40.011.104***	***448.681.000***	***7,50***

Fuente: SOLIS (2000), p. 207, Tabla 3.6.2.4.

[123] SOLÍS (2000), p. 206.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 5. NIVEL TECNOLÓGICO Y PROCESOS DE DIFUSIÓN: ANÁLISIS DE DATOS.

En los capítulos segundo y tercero hemos descrito diferentes métodos e indicadores para medir tanto el nivel alcanzado por las actividades de innovación tecnológica en una determinada economía, como los procesos a través de los cuales tiene lugar la difusión del progreso tecnológico al conjunto del sistema productivo.

Se trataba entonces de una presentación amplia en la que discutimos las ventajas y limitaciones de los diferentes métodos e indicadores. Sin embargo, el análisis empírico que abordamos en el presente capítulo debe ser más modesto; la disponibilidad de los datos necesarios hace que debamos restringir nuestra discusión a aquellos modelos e indicadores para los cuales disponemos de datos suficientes. Por este motivo, no utilizaremos los indicadores de bibliometría, inexistentes para Andalucía[1]. Tampoco construiremos la matriz de flujos de I+D, que requiere datos detallados de los gastos regionales en I+D desagregados por sectores productivos, dato que el INE sólo publica a escala nacional. La inexistencia de una regionalización de la Encuesta sobre Innovación en las Empresas publicada por el INE[2] o de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales

[1] SOLÍS (2000), p. 123 señala que ésta es una de las grandes carencias, que limitan extraordinariamente la capacidad de análisis y evaluación de la política científica y tecnológica en nuestra Comunidad.

[2] El Instituto de Estadística de Andalucía ha publicado los datos correspondientes a 1998 para Andalucía a partir de los datos proporcionados por el INE para España muy recientemente en IEA (2001).

Universidad de Huelva 2009

realizada por la Fundación Empresa Pública y publicada por el MINER impide que podamos analizar la secuencia de evolución en el tiempo de aspectos como la cooperación empresarial o el comportamiento innovador de las empresas. En el mejor de los casos hemos de limitarnos a las conclusiones y resultados de trabajos realizados, para períodos muy concretos, por investigadores individuales que, pese a su calidad, carecen de la continuidad temporal y periodicidad que sólo la estadística pública puede soportar[3].

Por otro lado, el objetivo de la presente Tesis Doctoral se encuadra en una perspectiva preferentemente macroeconómica. Analizamos bien el conjunto de la economía andaluza, bien su sector industrial o, a lo sumo, determinados sectores productivos concretos. No nos ocupamos de un análisis detallado a escala microeconómica, es decir, de empresas o de innovaciones concretas. Por ello, no utilizaremos los modelos logit o probit, orientados al estudio de la difusión de una innovación concreta.

5.1. EL NIVEL TECNOLÓGICO EN LA ECONOMÍA INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA.

Abordamos a continuación el estudio del nivel alcanzado por las actividades de innovación en Andalucía. Para ello utilizaremos tres principales indicadores. En primer lugar los indicadores de input, fundamentalmente los datos de gastos en I+D, tanto en valor absoluto como respecto al PIB o VAB generado, es decir, lo que llamamos esfuerzo

[3] Para el caso andaluz, tenemos extraordinarios ejemplos en los trabajos de POMARES (1998) y AGUADO (1999), para el comportamiento de las empresas innovadoras y la cooperación, respectivamente.

Universidad de Huelva 2009

investigador. Estos datos los analizaremos, por un lado, para el conjunto de la economía y, por otro, pondremos especial interés en los datos que se refieren al que el *Manual de Frascati* llama "sector empresas". En este último caso distinguiremos, en la medida de la disponibilidad de datos, los esfuerzos realizados por el sector industrial, y dentro de él distinguiremos entre las manufacturas y la energía, así como determinados sectores de especial importancia para Andalucía. Completaremos este estudio con los datos sobre innovación en las empresas, disponibles para 1994, 1996 y 1998, publicados por el INE, en los que se recogen tanto las actividades de I+D como el resto de actividades de innovación.

Como indicadores de output, utilizaremos los datos de patentes, obtenidos de Acosta y Coronado (para el período 1988–1992) y de la información "en línea" de la Oficina Española de Patentes y Marcas (para el período 1993–1995), clasificadas según los códigos de Clasificación Internacional de Patentes o códigos CIP.

Por último utilizaremos unos indicadores de consumos intermedios de innovaciones a partir de las Tablas Input–Output. Se trata de ver la intensidad (proporción) en la que se incorporan al proceso productivo inputs intermedios procedentes de sectores que, directa o indirectamente, realizan importantes esfuerzos en innovación (tanto I+D como otras actividades), que consiguientemente quedan incorporados a sus outputs. El supuesto subyacente es que el contenido tecnológico puede incrementarse no sólo a través de importantes gastos en actividades innovadoras, sino también eligiendo los inputs intermedios procedentes de empresas y sectores que realizan dichos gastos en innovación, los cuales se incorporan

Universidad de Huelva 2009

en sus productos. Este supuesto cobra especial relevancia en economías en cuya estructura predomina la pequeña empresa, que por sus características tiene especiales dificultades para asumir y soportar grandes esfuerzos directos en innovación.

5.1.1. Caracterización y análisis comparativo del esfuerzo andaluz en I+D y en innovación: una primera aproximación.

Para analizar este indicador objetivo y a efectos de comparaciones, estudiaremos además de los datos andaluces los correspondientes al conjunto de la media nacional, que constituyen el contexto principal en el que se enmarca la economía andaluza, y los de Cataluña, como prototipo de región con un sector industrial de alto dinamismo, en la que las distorsiones debidas al efecto sede tienen mucha menos importancia que en la Comunidad de Madrid. Además, para tener una mejor perspectiva, también haremos referencia a los niveles alcanzados por estos indicadores en el conjunto de la Unión Europea, la OCDE y países como Japón, Estados Unidos, Alemania y Francia.

Comenzaremos por caracterizar la participación regional en los gastos nacionales de I+D y en el PIB, la participación del sector empresas en el conjunto de los gastos regionales, en los gastos nacionales del sector empresas y en el VAB. A continuación nos centraremos en el estudio del esfuerzo investigador, para el conjunto de la economía, para el sector empresas y para industria y manufacturas.

Universidad de Huelva 2009

a) La distribución de los gastos de I+D.

Como punto de partida para entender la situación andaluza en el contexto español, podemos atender a la participación de los gastos regionales en I+D sobre el total de gastos nacionales por tal concepto, representados en la Tabla 5.1. Ello nos da una visión de relativa estabilidad de los gastos andaluces, aunque con dos subperíodos. Hasta 1992, Andalucía se mantiene en el cuarto lugar de las distintas Comunidades Autónomas y sus gastos en I+D oscilan entre el 7,5% y el 7,9% del total nacional. Esta participación, si bien se sitúa lejos de los datos del 18% al 20% correspondientes a Cataluña (que junto con Madrid acaparan más de la mitad de los gastos nacionales[4]), es semejante a la del País Vasco y muy superior a las de las restantes regiones[5]. En 1993 se produce un importante salto cuantitativo hasta el 9,4%, para situarse en la tercera posición, ahora ligeramente por encima del País Vasco. Con la excepción de la caída al 8,3% en 1994, se inicia una fase de tenue crecimiento que consolida la tercera posición y se acerca al 10% en 1998. Las diferencias respecto al País Vasco se incrementan también paulatinamente, pero todavía nos situamos lejos del casi 23% de Cataluña.

[4] Las cifras de Madrid, inicialmente en torno al 45%, comienzan a caer a partir de 1991, para situarse en el 31% en 1998. Sin embargo, en estos datos debemos tener en cuenta la existencia de un importante "efecto sede" en la asignación de los gastos de I+D de las empresas, cuya magnitud es difícil, cuando no imposible, de cuantificar.

[5] Para una comparación más detallada, región por región, nos referimos directamente a los datos de la Encuesta sobre Actividades de I+D del INE. En especial el recopilatorio recientemente publicado con motivo de haberse cumplido 35 años desde la primera publicación de datos de I+D en España. Dichos datos están también disponibles en Internet, en la dirección http://www.ine.es.

Universidad de Huelva 2009

Por el contrario, Cataluña, una región de claro dinamismo industrial, pese a mantenerse siempre en la segunda posición, incrementa sistemáticamente su participación porcentual, en tres puntos de 1986 a 1992, del 16,9% al 19,9% y en otros tres hasta 1998, al 22,8%.

TABLA . PARTICIPACIÓN DE LAS REGIONES EN LOS GASTOS NACIONALES DE I+D
(entre paréntesis la posición relativa entre las Comunidades Autónomas)

COMUNIDAD / AÑO	Gastos Nacionales (10^6 Ptas.)	Andalucía		Cataluña	
		%	Posición	%	Posición
1983	100.689	8.06	(3)	21.11	(2)
1986	188.216	7.89	(4)	16.89	(2)
1987	230.509	7.67	(4)	18.56	(2)
1988	287.689	7.53	(4)	19.29	(2)
1989	339.324	7.83	(4)	17.97	(2)
1990	425.829	7.45	(4)	19.04	(2)
1991	479.372	7.44	(4)	19.55	(2)
1992	539.919	7.71	(4)	19.86	(2)
1993	557.403	9.37	(3)	19.49	(2)
1994	548.154	8.23	(3)	20.02	(2)
1995	590.688	9.77	(3)	21.04	(2)
1996	641.024	9.84	(3)	21.09	(2)
1997	672.017	9.80	(3)	21.73	(2)
1998	784.513	9.87	(3)	22.81	(2)

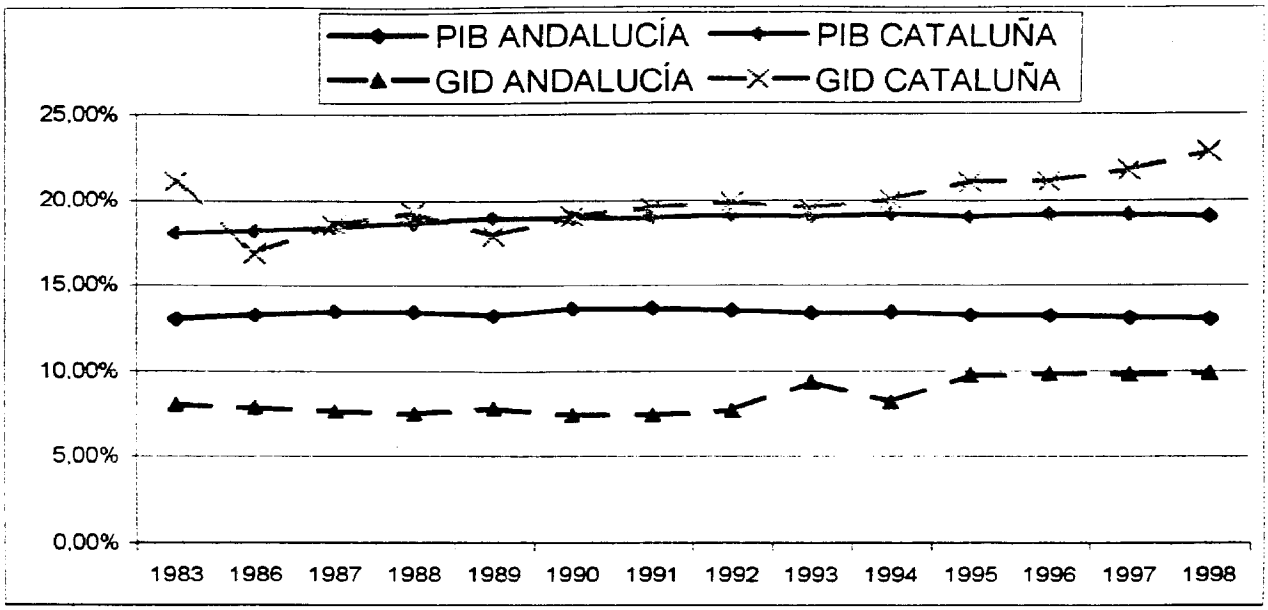
Fuente: Elaboración propia a partir de la Estadística sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, Martín y Rodríguez (1988) y Martín, Moreno y Romero (1990).

Si completamos la información de la tabla anterior con la de la Figura 5.1 observamos cómo, la estabilidad y el crecimiento en la participación, a partir de 1993, de Andalucía en los gastos nacionales de I+D debe ser matizada. Al comparar las participaciones en los gastos de I+D y en el PIB se pone de manifiesto la debilidad de las actividades andaluzas de I+D; su participación es claramente inferior a su peso relativo en el PIB. Como veremos más adelante, ello refleja un menor esfuerzo relativo en Andalucía que en el conjunto de España. Además, si realizamos la misma comparación para Cataluña, vemos cómo ocurre justo al contrario, su

Universidad de Huelva 2009

esfuerzo es relativamente más intenso, lo que se ve reflejado en una participación en los gastos en I+D ligeramente superior a la correspondiente al PIB. A partir de 1993, mientras Andalucía reduce ligeramente su debilidad, Cataluña mejora su posición de fortaleza relativa.

FIGURA 5.1. PARTICIPACIÓN DE LAS REGIONES EN EL PIB Y EN LOS GASTOS DE I+D NACIONALES



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre actividades de I+D y la Contabilidad Regional del INE, Martín y Rodríguez (1988) y Martín, Moreno y Romero (1990).

Por otro lado, en la Tabla 5.2 se refleja la distribución porcentual de los gastos de I+D según el agente de gasto, o sector de gasto en la terminología del *Manual de Frascati*. Podemos comprobar cómo la participación del sector empresas es especialmente reducida en nuestra región. Esto hace que la participación en los gastos de los demás agentes sea extraordinariamente elevada, con un papel preponderante de las universidades, que sólo pierden peso en 1994 y 1995. Aún así, siguen gestionando más de la mitad del gasto regional en I+D.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.2. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS GASTOS EN I+D.
Entre paréntesis figura la participación porcentual en los gastos nacionales del sector.

AÑO	ANDALUCÍA			CATALUÑA			ESPAÑA		
	Empresas	Universidad	Admones. Públicas	Empresas	Universidad	Admones. Públicas	Empresas	Universidad	Admones. Públicas
1983(*)	15.0	85.0		75.0	25.0		51.8	48.2	
1986	41.0	27.8	31.2	78.6	14.3	7.1	58.6	15.2	26.1
1987	33.3	32.2	34.5	73.3	14.4	11.6	55.4	19.1	25.5
1988	37.6	32.1	30.3	72.9	15.5	10.5	56.8	19.2	23.2
1989	35.0	38.2	26.9	71.2	17.5	10.5	56.3	20.4	22.7
1990	33.4	41.6	25.0	71.4	16.4	11.3	57.8	20.4	21.3
1991	31.1	43.8	25.1	70.9	17.9	10.3	56.0	22.2	21.3
1992	26.7	52.5	20.8	65.1	24.0	10.0	50.5	28.9	20.0
1993	21.8	60.1	18.1	63.2	25.8	10.0	47.8	31.3	21.0
1994	24.3	54.9	20.8	60.2	27.3	11.4	46.8	31.6	20.7
1995	26.7	51.6	21.4	61.2	27.2	10.4	48.2	32.0	18.6
1996	26.4	52.6	20.7	61.1	27.6	10.2	48.3	32.3	18.3
1997	23.8	57.7	18.3	63.1	24.3	10.3	48.8	32.7	17.4
1998	32.4	48.8	18.5	63.9	26.0	7.8	52.1	30.5	16.3

(*) Para 1983 están agregados en un sólo dato los gastos en I+D de Universidades y Administraciones Públicas. Véase C. Martín y L.R. Romero (1988).

Fuente: Estadísticas sobre Actividades de I+D del INE, Contabilidad Regional de España del INE., C. Martín y L. R. Romero (1988), C. Martín, L. Moreno y L. R. Romero (1990), y elaboración propia.

En Andalucía, por tanto, prima como agente del gasto la Universidad, siempre con una participación muy por encima de la media nacional, que ya de por sí es un 50% superior a la media de la UE y casi duplica la de la OCDE, en 1995[6]. Además, ha existido una tendencia al aumento hasta 1993, en que supera el 60% frente al 31% de la media nacional. A partir de este momento se ha experimentado una progresiva reducción (a excepción de 1997) hasta el 49% de 1998, todavía muy por encima del 30% de la media nacional. Las Administraciones Públicas descienden en su participación para acabar situándose en una posición semejante a la media nacional, aunque ligeramente por encima. Finalmente, las empresas, que partían de una posición muy desventajosa, aumentaron su participación

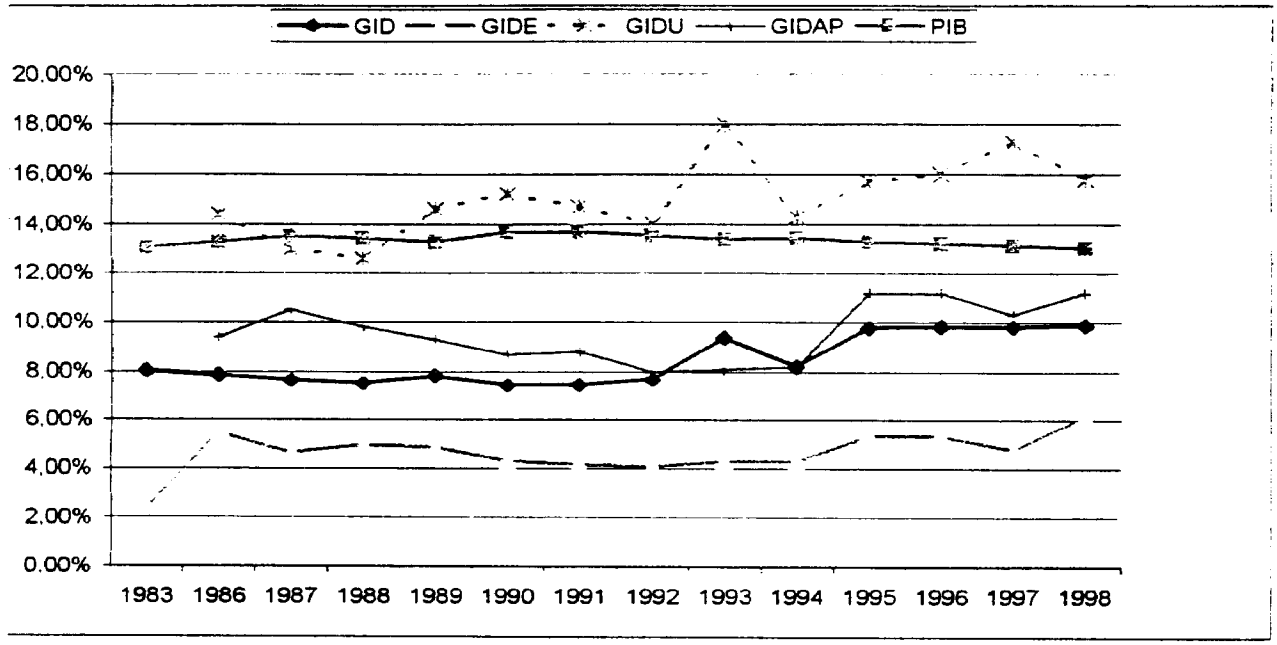
[6] Para una visión más amplia nos remitimos a los datos de la Tabla A5.2, en el anexo al presente capítulo.

Universidad de Huelva 2009

entre 1986 y 1988 para, posteriormente, ir decreciendo (de 1989 a 1997) hasta algo menos del 24%, mientras que en España la media está en casi el 49% del total de gastos nacionales en I+D. En 1998, se apunta por el contrario una cierta recuperación hasta más del 32% en Andalucía y el 51% en España.

Por el contrario, en Cataluña, las Administraciones Públicas han gastado un 10% del total, excepto el 7% de 1986 y 1998 y el 12% de 1987, al tiempo que las empresas gastaron siempre por encima del 70% hasta 1991, mientras que se sitúa entre el 60% y el 65 % a partir de 1992. disminución que fue en favor de la Universidad, que a partir de este año supera el 20%.

FIGURA 5.2. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE ANDALUCÍA EN LAS CORRESPONDIENTES MAGNITUDES NACIONALES.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D y la Contabilidad Regional de España, del INE.

Universidad de Huelva 2009

De nuevo completamos la información con la participación en el total nacional del PIB, los Gastos en I+D de las Empresas (GIDE), los Gastos en I+D de las Universidades y centros de enseñanza superior (GIDU) y los correspondientes a las administraciones públicas (GIDAP), tal y como recoge la Figura 5.2. En ella podemos ver cómo la participación de las Universidades es coherente con el peso de Andalucía en el PIB, aunque ligeramente por encima. La preponderancia del sector enseñanza superior se debe por tanto a una participación considerablemente por debajo de la que se correspondería con la participación andaluza en el PIB nacional tanto de las administraciones públicas como, especialmente, de las empresas.

En resumen, puede decirse que mientras en España más de la mitad del gasto es gestionado por la empresa, y el resto se lo reparten entre el 30% la Universidad y el 20% las Administraciones Públicas, en Cataluña las empresas gastan mucho más en detrimento fundamentalmente de las Administraciones Públicas. Por el contrario, en Andalucía, el gasto de las Administraciones Públicas es semejante a la media nacional, aunque ligeramente superior; sin embargo, destaca el enorme peso relativo de la Universidad, en perjuicio de las empresas como agente del gasto en I+D.

Sin embargo, no podemos decir que ello se deba a una sobredimensión del sector enseñanza superior, sino más bien a una atrofia de los demás sectores, en especial el sector empresas, que sólo alcanza la mitad del peso que cabría esperar del peso del PIB andaluz. Esta atrofia o debilidad de la participación de las empresas en la gestión de gastos de I+D queda más patente si tenemos en cuenta que la media de participación en la UE está

Universidad de Huelva 2009

entre el 62% y el 65%, en la OCDE entre el 67% y el 70% y en Estados Unidos siempre por encima del 70%[7].

b) El esfuerzo investigador.

Como fue definido en el Capítulo 2, el esfuerzo investigador lo calculamos a partir de los gastos en I+D como porcentaje del PIB. Aún con sus limitaciones y sesgos, podemos comparar los datos sobre I+D elaborados por la OCDE y recogidos en las sucesivas ediciones del *Main Science and Technology Indicators–Principaux Indicateurs de la Science et de la Technologie* y, por otro lado, los datos referidos a España y sus Comunidades Autónomas, presentados en las mencionadas Estadísticas sobre Actividades de I+D del INE.

A la luz de la Figura 5.3, la principal conclusión es que existe un gran atraso de Andalucía respecto a España, de España respecto a la Unión Europea, de ésta frente a la OCDE y en general respecto a los países más avanzados tanto de la OCDE como de la propia Unión Europea[8]. Así, mientras países como Alemania, Reino Unido y Francia han mantenido esfuerzos por encima del 2% del PIB desde 1981, Estados Unidos y Japón[9] por encima del 2,5%, España en ningún momento ha alcanzado el 1%, cifra

---

[7] En el anexo a este capítulo, Tabla A5.1 recogemos un extracto de los datos proporcionados por la OCDE. Para un estudio más detallado nos remitimos al cuerpo de los datos de la OCDE.

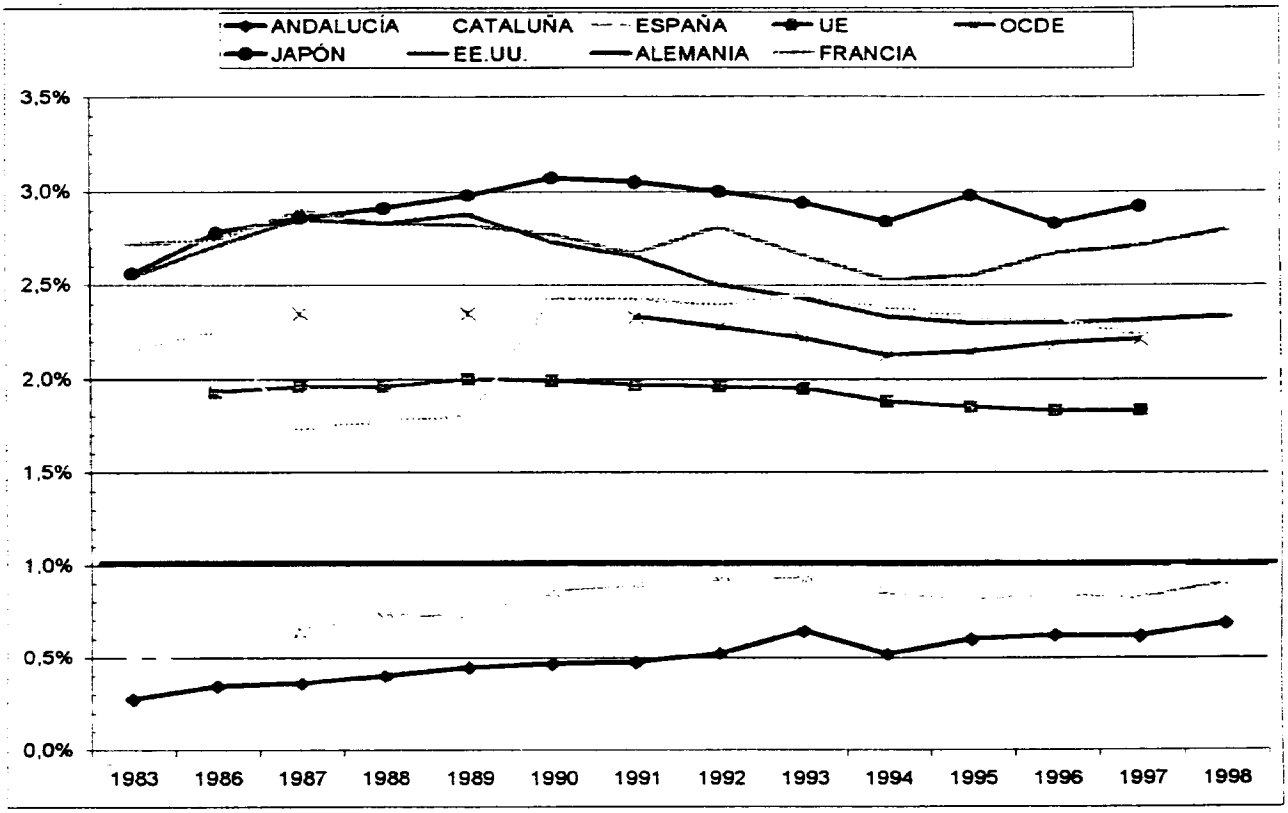
[8] En la Tabla A5.3 quedan recogidos los datos correspondientes a la Figura 5.3, así como los que apoyan los comentarios que siguen a dicha gráfica.

[9] Los datos que recogemos para Japón se corresponden a los datos ajustados por la OCDE, que presenta como Anexo 3 en sus publicaciones bianuales. Si atendiésemos a los datos directamente suministrados por las autoridades japonesas, que aparecen en el cuerpo principal de las estadísticas de la OCDE, encontraríamos que Japón llegó a superar el 3% de 1990 a 1992 y casi lo alcanza en 1995 con un 2,98%.

Universidad de Huelva 2009

que Italia supera durante todo el período[10]. En términos generales España se encuentra dos puntos por debajo de Japón y Estados Unidos, aproximadamente a un punto y medio de Alemania, Francia y la media de la OCDE y a un punto de la media de la Unión Europea. En 1997 la situación era de un atraso del conjunto de la UE (1,83%) frente a la media de la OCDE (2,21%) y especialmente frente a Japón y Estados Unidos (que superan el 2,7%), mientras que España apenas llega al 0,82% y Andalucía se queda en el 0,61%.

FIGURA 5.3. EVOLUCIÓN DEL ESFUERZO INVESTIGADOR (EI) EN ESPAÑA Y LA OCDE.



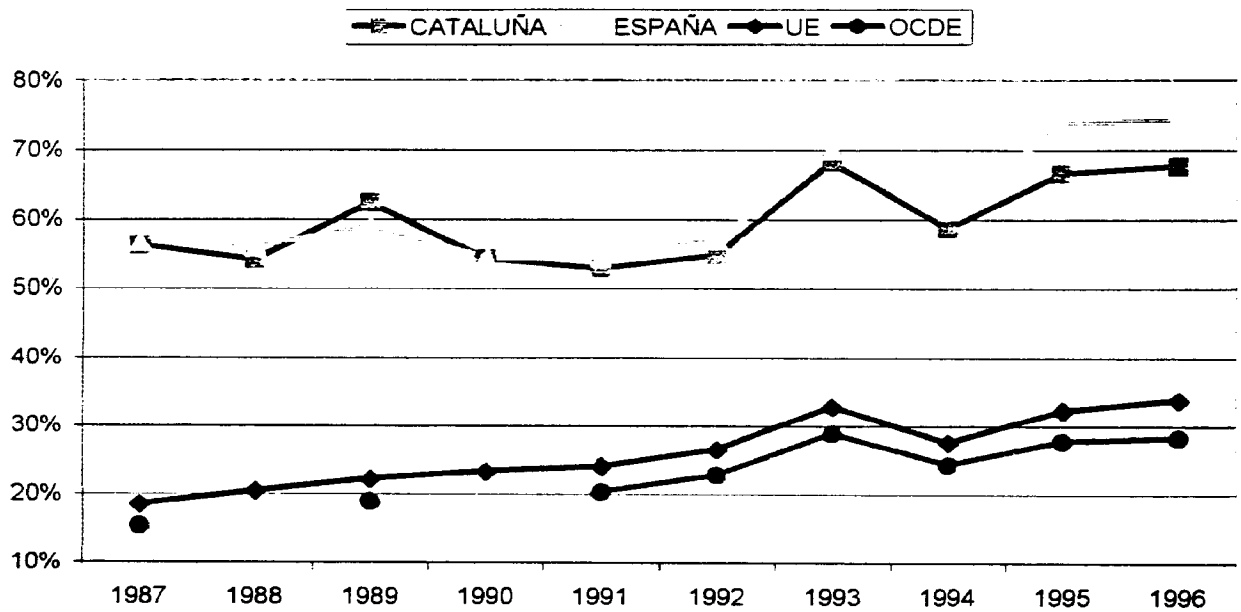
Fuente: OCDE: *Main Science and Technology Indicators* e INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.*

[10] Por motivos de espacio no recogemos íntegramente los datos de todos los países que forman parte de la OCDE. Nos remitimos a la mencionada publicación bianual para un análisis más detallado.

Universidad de Huelva 2009

Como vemos, a lo largo de tres quinquenios Andalucía ha conseguido multiplicar por 2,5 su esfuerzo investigador. Entre las principales causas de este incremento encontramos las políticas científicas y tecnológicas que hemos descrito en el Capítulo 4, junto con los efectos positivos de los Planes Nacionales, los Programas Marco y los diferentes Fondos Europeos. Sin embargo, como muestra la Figura 5.4, el esfuerzo no ha sido suficientemente importante. No sólo no se han alcanzado los niveles de la OCDE o la UE, nuestro entrono más avanzado, sino que ni siquiera se han alcanzado el nivel catalán ni la media nacional. Es cierto que hemos avanzado mucho, pero debemos seguir avanzando más y, sobre todo, más rápido, si es que queremos acercarnos al menos a las regiones españolas más avanzadas.

FIGURA 5.4. CONVERGENCIA DEL ESFUERZO INVESTIGADOR ANDALUZ RESPECTO A DIFERENTES REGIONES



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Main Science and Technology Indicators–Principaux Indicateurs de la Science et de la Technologie, de la OCDE, de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D y de la Contabilidad Regional de España, del INE.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.3. ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS (EIE).

AÑO	EE.UU.	Japón	Francia	Alemania	UE	OCDE	España	Andalucía	Cataluña
1983							0.23	0.04	0.39
1986	2.10	1.83	1.31	2.00	1.25	1.62	0.34	0.14	0.42
1987	2.05	1.86	1.34	2.08	1.27		0.35	0.12	0.47
1988	2.02	1.94	1.35	2.07	1.27	1.62	0.41	0.15	0.54
1989	1.96	2.08	1.41	2.07	1.29		0.42	0.16	0.51
1990	1.91	2.18	1.46	1.97	1.29	1.57	0.49	0.15	0.61
1991	2.05	2.13	1.49	1.81	1.25	1.58	0.49	0.15	0.64
1992	1.98	2.03	1.44	1.70	1.21	1.52	0.46	0.14	0.62
1993	1.85	1.90	1.51	1.62	1.19	1.46	0.44	0.14	0.59
1994	1.78	1.87	1.47	1.54	1.16	1.42	0.40	0.13	0.53
1995	1.83	1.95	1.42	1.51	1.15	1.45	0.39	0.16	0.55
1996	1.83		1.42	1.50			0.40	0.16	0.56
1997							0.40	0.15	0.59
1998							0.47	0.22	0.69

Fuente: Recopilación de los datos de Main Science and Technology Indicators–Principaux Indicateurs de la Science et de la Technologie, de la OCDE, de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D y de la Contabilidad Regional de España, del INE.

Si nos centramos en el Esfuerzo Investigador realizado por las empresas y realizamos la comparación de los datos andaluces con los nacionales y los catalanes, encontramos una situación de debilidad en el esfuerzo todavía mayor que la encontrada para el conjunto de sectores de gasto. Como puede verse en la Tabla 5.3, en el conjunto de España el esfuerzo empresarial pasa del 0,23% de 1983 a prácticamente el 0,5% de 1990 y 1991 para a partir de ahí caer al 0,4% de 1995 a 1997. En Andalucía, la posición de partida era de sólo el 0,04% y se ha incrementado hasta el 0,16% de 1995 y 1996 y el 0,22% de 1998[11].

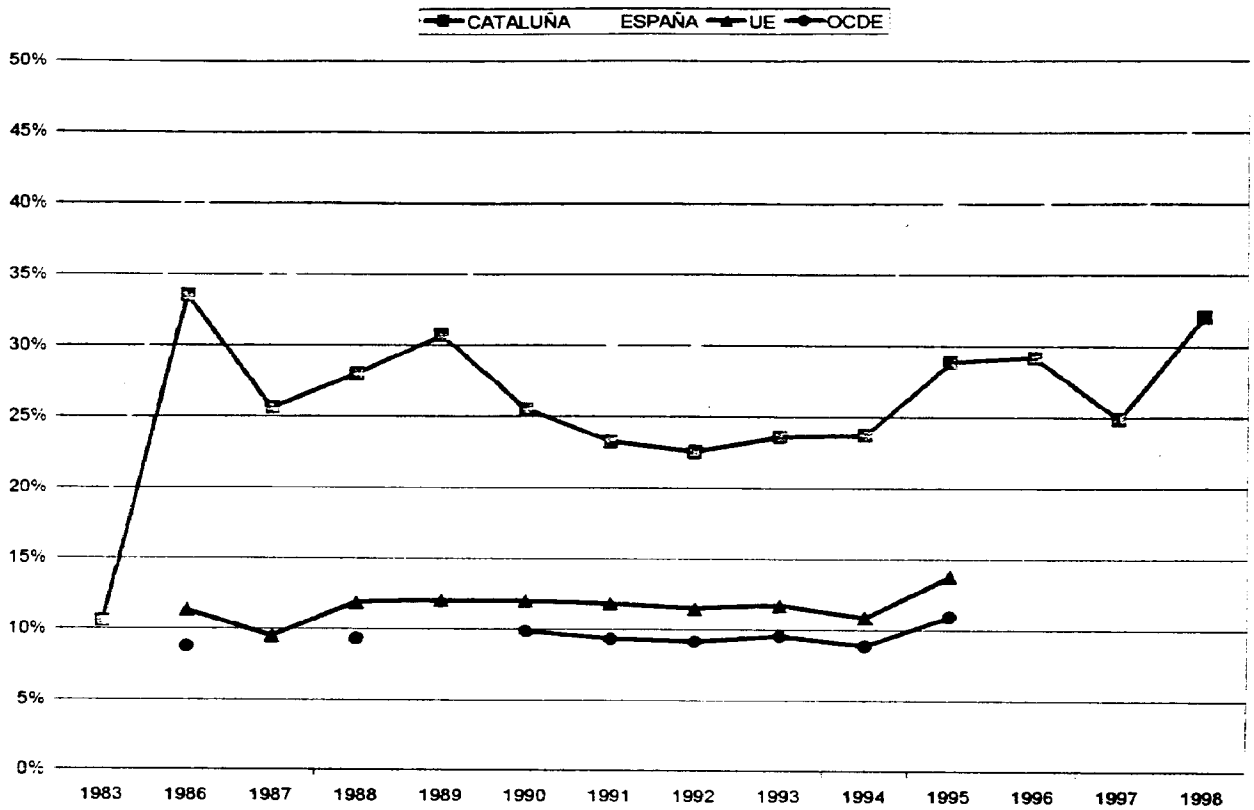
Las empresas andaluzas han multiplicado por cinco su esfuerzo mientras que las españolas sólo lo han duplicado, lo que ha permitido recortar parcialmente distancias. Como muestra la Figura 5.5; Andalucía ha

[11] En la Figura A5.1, en el anexo al presente capítulo, podemos comprobar visualmente con facilidad la debilidad del EIE andaluz respecto al conjunto de España, la UE y la OCDE.

Universidad de Huelva 2009

convergido del 16% de la media nacional al 46%. Sin embargo, esta convergencia es mucho menor que la ya reducida del conjunto de los sectores de gasto, que ha pasado del 62% de 1983 al 75% de 1995 y 1998. Además, la convergencia respecto a Cataluña es sensiblemente inferior, lo que parece apuntar una mayor dificultad para acercarse al ritmo de las regiones más dinámicas.

FIGURA 5.5. CONVERGENCIA EN EL ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS DE ANDALUCÍA RESPECTO A DIFERENTES REGIONES



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Main Science and Technology Indicators–Principaux Indicateurs de la Science et de la Technologie, de la OCDE, de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D y de la Contabilidad Regional de España, del INE.

Por otro lado, si atendemos a la convergencia respecto a la UE y la OCDE, descubrimos datos preocupantes, pues en ningún momento llegamos a alcanzar el 15% de la media de la UE y nos situamos en el 10%

Universidad de Huelva 2009

de la OCDE. Además, de la figura parece desprenderse una situación de estancamiento en la convergencia, lo que redunda en la dificultad para acercarse al ritmo de los países y regiones más dinámicos, que ya hemos apuntado.

Parece, al menos a primera vista, que, por un lado, las empresas andaluzas mantienen un menor dinamismo investigador que los otros dos principales sectores de gasto, las universidades y el sector público, que son los que contribuyen a mejorar la convergencia global de Andalucía respecto a las diferentes regiones con las que se compare. Y por otro, parece que las empresas andaluzas se enfrentan a limitaciones estructurales que dificultan que mejore sustancialmente su convergencia a lo largo del tiempo. De hecho, si atendemos al Esfuerzo Investigador de las Universidades vemos como, en 1995, en Andalucía se sitúa en el 0,31%, claramente por encima del 0,24% de Cataluña y del 0,26% de la media española, pero con igual claridad por debajo del 0,39% de la UE y del 0,38% de la OCDE[12]. Es decir, la aparente sobredimensión de la Universidad como agente de ejecución de la I+D en Andalucía no es tal. Se trata más bien de una dimensión excesivamente reducida del sector Empresas. Comparada en términos relativos al PIB (Esfuerzo Investigador), la dimensión de la Universidad en Andalucía todavía está por debajo de la existente en la UE y la OCDE.

[12] Para una visión completa de los datos de Esfuerzo Investigador de las Universidades nos remitimos a la Tabla A5.5, en el anexo al presente capítulo.

Universidad de Huelva 2009

5.1.2. Un análisis más preciso del Esfuerzo Investigador de las Empresas.

Sin embargo, el análisis que acabamos de hacer resulta sesgado para las empresas. Al no distinguir entre los distintos sectores productivos estamos considerando por igual aquellos que llevan a cabo el grueso de las actividades de I+D junto con aquellos otros que, pese a generar un importante volumen de valor añadido, sólo realizan actividades de I+D de forma marginal o residual.

TABLA 5.4. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS GASTOS INTRAMUROS DE LAS EMPRESAS CON ACTIVIDADES DE I+D SEGÚN SECTOR DE ACTIVIDAD PRINCIPAL

ANDALUCÍA	1988-1992	1993-1995	1988-1995
AGRICULTURA	*7,8%*	*5,4%*	*7,0%*
INDUSTRIA	*89,6%*	*87,9%*	*89,0%*
Manufacturas	80,5%	75,4%	78,7%
Energía	9,1%	12,5%	10,3%
SERVICIOS	*2,6%*	*6,7%*	*4,0%*
TOTAL	*100,0%*	*100,0%*	*100,0%*
CATALUÑA	**1988-1992**	**1993-1995**	**1988-1995**
AGRICULTURA	*0,3%*	*1,9%*	*0,8%*
INDUSTRIA	*92,8%*	*88,5%*	*91,4%*
Manufacturas	90,8%	84,1%	87,0%
Energía	2,0%	4,4%	4,4%
SERVICIOS	*6,9%*	*9,6%*	*7,8%*
TOTAL	*100,0%*	*100,0%*	*100,0%*
ESPAÑA	**1988-1992**	**1993-1995**	**1988-1995**
AGRICULTURA	*1,0%*	*1,5%*	*1,1%*
INDUSTRIA	*83,6%*	*79,8%*	*82,4%*
Manufacturas	75,2%	71,5%	74,0%
Energía	8,4%	8,3%	8,4%
SERVICIOS	*15,4%*	*18,7%*	*16,5%*
TOTAL	*100,0%*	*100,0%*	*100,0%*

Fuente: Durán, Rocha y Zapatero (1999a), pp. 180, 181, 183, 184 y 185 Tablas 5,21, 5.22, 5.23, 5.28, 5.29 y 5.30; Durán, Rocha y Zapatero (1999b), pp. 280, 281, 282, 283 y 284.Tablas 7,19, 7.20, 7.21, 7.26, 7.27 y 7.28, y elaboración propia.

Universidad de Huelva 2009

En la Tabla 5.4 comprobamos como en el período 1988–1995 el 90% de las actividades de I+D han sido realizadas por las empresas industriales, el 80% por las manufactureras y el otro 10% por las energéticas. La actividad de I+D del sector de la construcción es residual, mientras que aporta en torno al 20% del VAB[13].

a) El esfuerzo investigador en la industria y las manufactoras.

Para realizar un análisis más ajustado del esfuerzo investigador de las empresas sería deseable llevarlo a cabo a partir de los datos de gastos en I+D y VAB lo más desagregados posible. Sin embargo, las estadísticas sobre actividades de I+D del INE sólo ofrecen datos desagregados a nivel regional por sectores de gasto (según establece el *Manual de Frascati*), no por sectores productivos.

Esta limitación conlleva una importante dificultad en la tarea de ajustar el estudio del esfuerzo investigador de las empresas. Por un lado, nos vemos obligados a referirnos a estimaciones realizadas por estudios concretos para determinados períodos de tiempo, sin que exista continuidad ni periodicidad en los datos generados. Por otro, ante la ausencia de datos concretos, la mejor aproximación consiste en ponderar los gastos de I+D de cada año en función del peso de cada uno de los grandes sectores productivos en los gastos de I+D para el conjunto del período de referencia. Es decir, proyectamos los datos disponibles a cada valor de la serie anual de gastos totales de I+D realizados por las empresas para ponderar el peso

[13] Para un estudio más detallado de la participación sectorial en el VAB, véase la serie completa de la Contabilidad Regional de España, publicada por el INE.

Universidad de Huelva 2009

del sector industrial y, dentro de éste, el de las manufacturas y la energía. Los datos del Esfuerzo Investigador de las Empresas Industriales (EIEI) y de las Empresas Industriales Manufactureras (EIEM) calculados siguiendo este procedimiento aparecen recogidos en la Tabla 5.5[14].

Excepto en 1983, el esfuerzo investigador de las empresas industriales (EIEI) en Andalucía supera holgadamente el esfuerzo realizado por el conjunto de la economía (EI). En general, excepto para el período de recesión de 1992 a 1995, en que se sitúa sólo el 35% por encima, con un mínimo del 10% en 1993, el EIEI es entre un 50% y un 60% superior al EI y en 1997 se sitúa prácticamente en el 1% del VAB industrial.

TABLA 5.5. ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES (EIEI) Y DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS (EIEM)

AÑO	EIEI			EIEM		
	Andalucía	Cataluña	España	Andalucía	Cataluña	España
1983	0.17	0.93	0.65	0.19	1.06	0.71
1986	0.56	1.07	0.98	0.66	1.23	1.11
1987	0.50	1.23	1.03	0.58	1.39	1.16
1988	0.65	1.45	1.23	0.75	1.67	1.38
1989	0.66	1.40	1.32	0.80	1.59	1.47
1990	0.74	1.73	1.59	0.89	1.98	1.80
1991	0.73	1.91	1.62	0.91	2.22	1.89
1992	0.70	1.91	1.59	0.91	2.25	1.87
1993	0.70	1.80	1.47	0.87	2.07	1.75
1994	0.62	1.61	1.33	0.77	1.84	1.57
1995	0.82	1.72	1.47	1.01	1.81	1.60
1996	0.87	1.82	1.53	1.10	1.92	1.67
1997	0.99	1.90	1.51	1.09	2.00	1.64
1998	1.50	2.12	1.79	1.67	2.24	1.92

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D, de la Contabilidad Regional de España, del INE y de los datos de Durán Rocha y Zapatero (1999a y 1999b) recogidos en la Tabla 5.4.

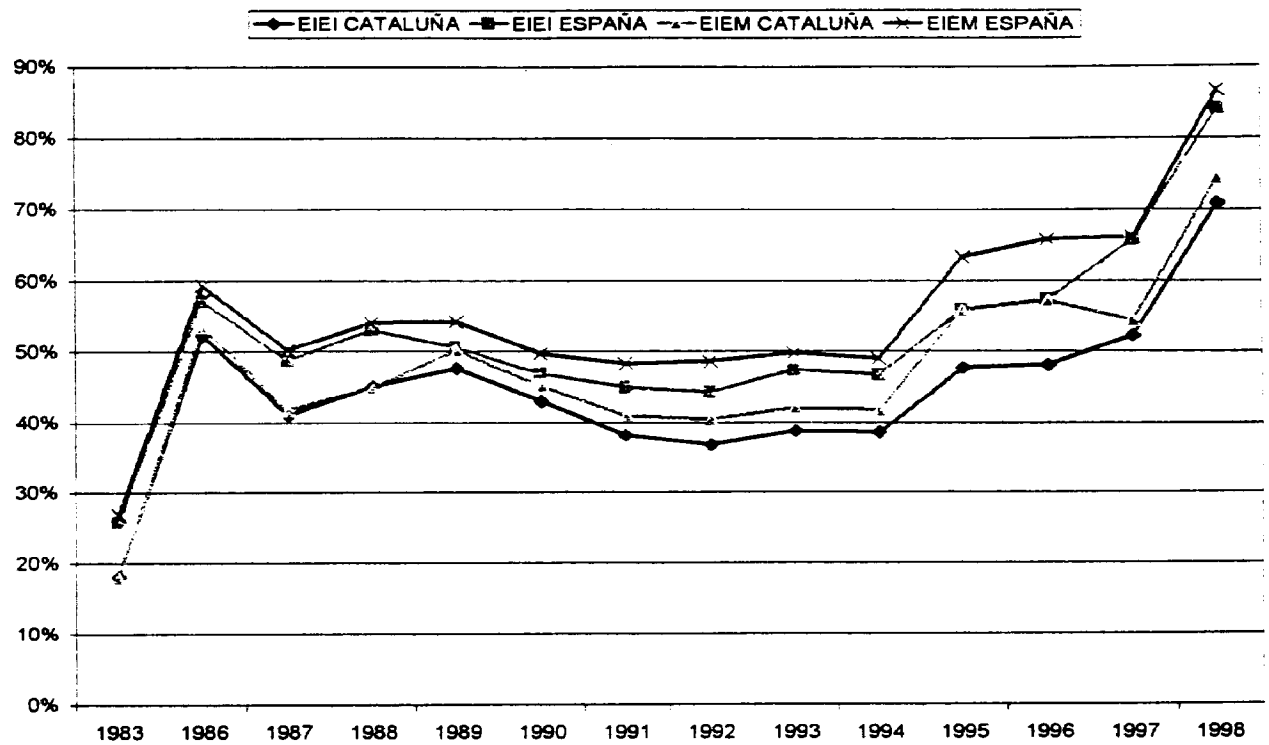
Pero si en la industria separamos el efecto de la energía y nos centramos sólo en las industrias manufactureras, encontramos que el

[14] Para una comprobación visual de los comentarios a esta Tabla, nos remitimos a la Figura A5.2, en el anexo al presente capítulo.

Universidad de Huelva 2009

esfuerzo investigador de las empresas manufactureras (EIEM) es sensiblemente superior, de nuevo a excepción de 1983. En el período de 1988 a 1991, el EIEM está entre el 80% y el 90% por encima del EI, el la etapa de recesión de 1992 a 1995 baja hasta sólo el 70% o 75%, con un mínimo de sólo un 36% por encima del EI en 1993. A partir de 1996 comienza a aproximarse progresivamente de nuevo al 80%. Además, ya en 1990–1991 se sitúa en el 0,9% y a partir de 1995 por encima del 1% del VAB, valores que el conjunto de la economía andaluza no alcanza en ningún momento.

FIGURA 5.6. CONVERGENCIA DE ANDALUCÍA EN ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES (EIEI) Y DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS (EIEM).



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D, de la Contabilidad Regional de España, del INE y de los datos de Durán Rocha y Zapatero (1999a y 1999b) recogidos en la Tabla 5.4.

Universidad de Huelva 2009

Para enmarcar este mayor esfuerzo investigador de las empresas industriales y especialmente las manufactureras, respecto al conjunto de sectores de gasto en Andalucía, vamos a compararlo con los niveles de EIEI y de EIEM en el conjunto de España y en Cataluña. En la Figura 5.6 representamos la convergencia del EIEI y el EIEM andaluces hacia la media de España y los niveles de Cataluña.

Así podemos comprobar como existe una mayor convergencia tanto a la media nacional como a los datos españoles que en todos los casos anteriormente estudiados, si bien el mayor grado de convergencia se da en las empresas manufactureras. Además, podemos ver como la importante mejora en la convergencia experimentada de 1983 a 1988 se torna en un estancamiento con leve empeoramiento a partir de este momento hasta 1994, en que comienza un proceso de mejora continuada de la convergencia, que sitúa Andalucía en el 85% de la media española y por encima del 70% de los niveles catalanes.

En general, comprobamos cómo el esfuerzo investigador y los gastos en I+D realizados por las empresas han tenido un comportamiento cíclico, creciendo en las fases de expansión y reduciéndose en los períodos recesivos, lo que pone de manifiesto la falta de una política estable de I+D y de innovación, tanto en las empresas españolas como en las andaluzas, cuya actividad innovadora obedece más a la evolución de los resultados obtenidos en su actividad económica que a una voluntad de mejora y capitalización de la tecnología utilizada, cuyo hipotético efecto sería a medio y largo plazo una mejora de la competitividad y por tanto de los resultados.

Universidad de Huelva 2009

b) Una comparación a partir de Encuesta sobre Actividades de Innovación de las Empresas del INE.

Hasta ahora nos hemos centrado en la intensidad del esfuerzo de la economía andaluza en las actividades de I+D y en especial de las realizadas por las empresas. Sin embargo, aún siendo dichas actividades un elemento importante de la innovación, no son la única vía por la que las empresas pueden innovar[15]. Ello nos lleva a prestar atención al conjunto de actividades de innovación llevadas a cabo en las empresas, recogidas en la Encuesta sobre Actividades de Innovación en las Empresas, publicada por el INE con datos referidos a 1994, 1996 y 1998[16].

TABLA 5.6. ESFUERZO EMPRESARIAL EN INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (EEIT).

ANDALUCÍA		1994	1996	1998
	Total Industria	2,08%	2,84%	4,45%
	Manufacturas	2,85%	3,39%	5,70%
	Energéticas	0,34%	0,85%	0,18%
CATALUÑA		**1994**	**1996**	**1998**
	Total Industria	4,46%	4,78%	5,88%
	Manufacturas	5,29%	5,36%	6,16%
	Energéticas	0,44%	0,47%	3,37%
ESPAÑA		**1994**	**1996**	**1998**
	Total Industria	4,03%	4,90%	5,54%
	Manufacturas	5,04%	5,52%	6,28%
	Energéticas	0,87%	2,06%	1,85%

Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas y Contabilidad Regional de España, del INE.

[15] En 1996 en la Unión Europea, la I+D interna supone un 53% y la externa un 9% de los gastos de innovación, mientras que en España los porcentajes son, respectivamente el 37% y el 8%. EUROSTAT (2001), p. 49, Tableau 2.3.3. En Andalucía, en 1998, los porcentajes eran 31,4% y 10,6%, el 34% y 10% en España. IEA (2001), Tabla de Principales Resultados. Innovación.

[16] En dichas encuestas disponemos de datos regionalizados sólo para el volumen total de gastos en innovación, no para los demás casos. Sin embargo, el IEA ha publicado los datos correspondientes a Andalucía para 1998 a partir de los datos del INE. Estas son las limitaciones que delimitan nuestras comparaciones en función de los datos disponibles.

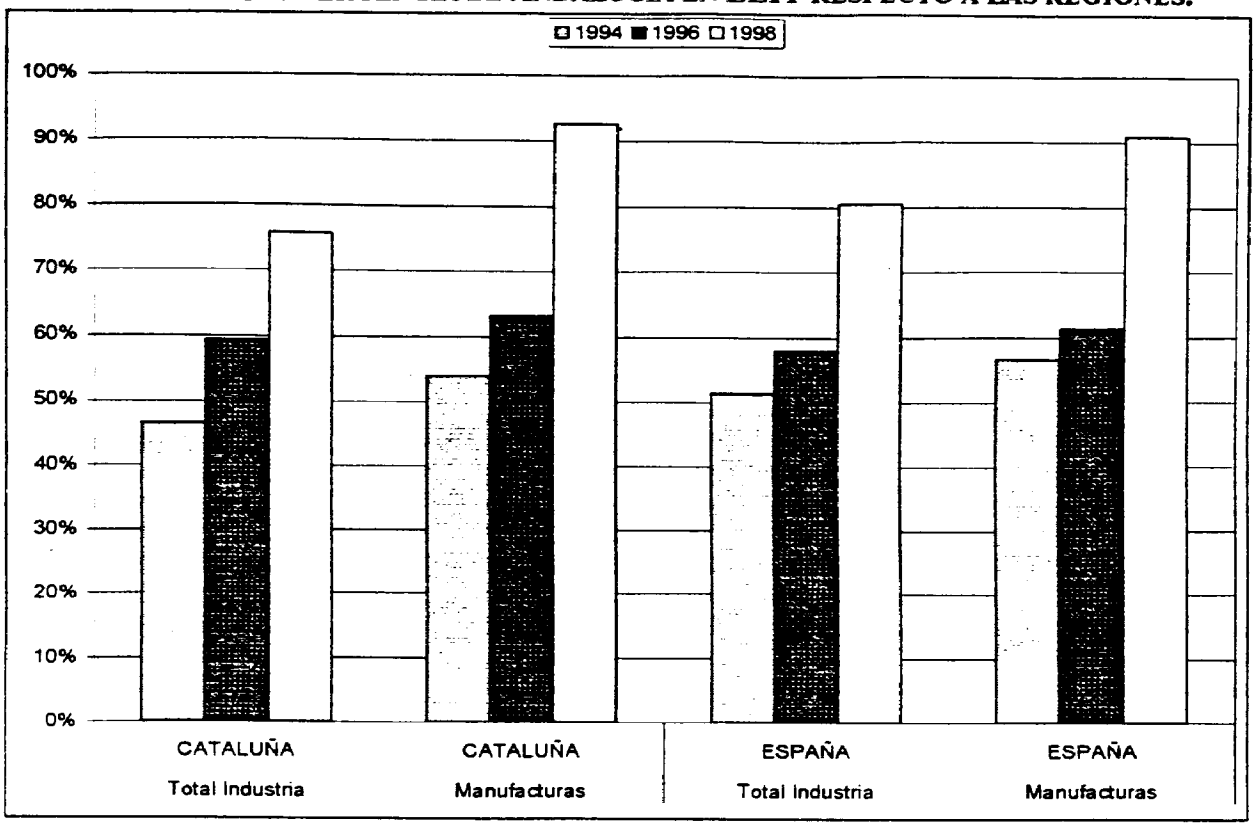
Universidad de Huelva 2009

Como comprobamos en la Tabla 5.6, el esfuerzo innovador es sensiblemente superior a las diversas estimaciones que hemos hecho del esfuerzo investigador, en especial en cuanto se refiere a las manufacturas. Ello es cierto tanto para Andalucía como para Cataluña y el conjunto de la economía Española. Además, si comparamos los datos andaluces con los correspondientes a Cataluña y España, vemos que es en EEIT donde los niveles de convergencia son mayores, en los tres períodos para los que existen datos, tal y como muestra la Figura 5.7. Se ha pasado de aproximadamente el 55% en 1994 al 92% en 1998, tanto respecto a España como respecto a Cataluña, en el caso de las manufacturas. Para el conjunto de la industria, la convergencia es menor debido al reducido esfuerzo de las industrias energéticas; en cualquier caso se supera el 75% respecto a Cataluña y el 80% respecto a España.

Como comprobamos en la Tabla 5.6, el esfuerzo innovador es sensiblemente superior a las diversas estimaciones que hemos hecho del esfuerzo investigador, en especial en cuanto se refiere a las manufacturas. Ello es cierto tanto para Andalucía como para Cataluña y el conjunto de la economía Española. Además, si comparamos los datos andaluces con los correspondientes a Cataluña y España, vemos que es en EEIT donde los niveles de convergencia son mayores, en los tres períodos para los que existen datos, tal y como muestra la Figura 5.8. Se ha pasado de aproximadamente el 55% en 1994 al 92% en 1998, tanto respecto a España como respecto a Cataluña, en el caso de las manufacturas. Para el conjunto de la industria, la convergencia es menor debido al reducido esfuerzo de las industrias energéticas; en cualquier caso se supera el 75% respecto a Cataluña y el 80% respecto a España.

Universidad de Huelva 2009

FIGURA 5.7. CONVERGENCIA DE ANDALUCÍA EN EEIT RESPECTO A LAS REGIONES.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas y Contabilidad Regional de España, del INE.

Gracias a la labor del IEA, disponemos de los resultados para Andalucía de la Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas realizada por el INE para datos correspondientes a 1998[17]. Ello nos permite un estudio más detallado de las diferentes actividades innovadoras llevadas a cabo por las empresas industriales en Andalucía. En general vemos, como muestran los datos de la Tabla 5.7, que en Andalucía la principal actividad innovadora es la adquisición de maquinaria y equipo con un 46% de los gastos totales en innovación frente al 42% que representan los gastos en I+D. Esta estructura del gasto en innovación es diferente a la

[17] Como en la propia publicación se menciona (IEA, 2001, p.1, a partir de los microdatos resultantes de la encuesta del INE sólo es posible obtener información regionalizada acerca de innovación e I+D; el resto de variables han sido estimadas a partir de los datos nacionales.

Universidad de Huelva 2009

correspondiente al conjunto de la economía española, en la que los gastos en I+D son la principal línea de gasto en innovación (43%), mientras que la adquisición de maquinaria y equipo sólo representa el 38%.

TABLA 5.7. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS ACTIVIDADES INNOVADORAS EN 1998.

ACTIVIDADES	ANDALUCÍA	ESPAÑA
Gastos totales en innovación en 1998 en miles de pesetas	66.961.864	1.010.671.195
Gastos internos en I+D	31.44%	33.09%
Gastos externos en I+D	10.56%	10.24%
Adquisición de maquinaria y equipo	45.98%	38.56%
Adquisición de tecnología inmaterial y software	0.78%	7.50%
Gastos en diseño. ingeniería industrial. producción previa	8.86%	7.41%
Gastos de formación	0.82%	1.34%
Gastos de comercialización	1.55%	1.87%

Fuente: IEA (2001), *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Resultados de Andalucía.*

La aparente homogeneidad en cuanto al peso de los gastos de I+D en el total de gastos de innovación debe matizarse ligeramente por cuanto las pequeñas diferencias visibles se deben a un menor peso de las actividades internas (31,44% en Andalucía frente al 33,09% en España), mientras que las externas tiene un peso muy ligeramente superior[18]. Pero las principales diferencias que explican el mayor peso de la adquisición de maquinaria y equipo en Andalucía se encuentran en la adquisición de tecnología inmaterial y en formación. La adquisición de tecnología inmaterial y software en Andalucía es residual (0,78% de los gastos de innovación) frente al 7,5% de España. Igualmente reducido es el gasto en formación (0,82%) frente al 1,34% de España. El peso de las demás actividades innovadoras es semejante al del conjunto de la economía española.

[18] Recordemos que estamos hablando de la distribución de los gastos totales en innovación, en los que la I+D tiene un peso muy parecido en Andalucía y España. Sin embargo, como ya hemos visto, el esfuerzo investigador (porcentaje de dichos gastos de I+D sobre el PIB o el VAB) en Andalucía es sensiblemente inferior al español, como también lo es el esfuerzo innovador.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.8. TIPO DE INNOVACIONES INTRODUCIDAS POR EMPRESAS INNOVADORAS (EIN).

Porcentaje de la cifra de negocios de 1998 de las EIN debida a:	**Andalucía**	**España**
Productos nuevos	8.84	11.79
Productos tecnológicamente mejorados	27.12	19.37
Productos sin alterar o ligeramente mejorados	56.08	59.46
Otros conceptos	7.97	9.38
Porcentaje de la cifra de negocios de 1998 de las EIN debidas a productos nuevos o mejorados según:	**Andalucía**	**España**
Sean novedad para la empresa	28.71	18.13
Sean novedad para el mercado en el que opera	7.75	13.03
Porcentaje de las exportaciones de 1998 de las EIN debida a:	**Andalucía**	**España**
Productos nuevos	12.71	19.59
Productos tecnológicamente mejorados	36.72	27.13
Productos sin alterar o ligeramente mejorados	48.83	49.42
Otros conceptos	1.73	3.86

Fuente: IEA (2001), *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Resultados de Andalucía.*

En cuanto al tipo de innovación que se introduce en Andalucía, los datos de la Tabla 5.8 son claros. En general, podemos decir que se trata de productos tecnológicamente mejorados (representan un 27,12% de la cifra de negocios frente al 8,84% de los productos tecnológicamente nuevos) que son nuevos para las empresas (representan el 28,31% de la cifra de negocios, frente al 7,75% de los productos nuevos para el mercado en que operan las empresas). En España también predominan las innovaciones debidas a mejoras tecnológicas y que son novedad para la empresa; sin embargo la relación con las novedades tecnológicas y aquellas que lo son para los mercados, está mucho más equilibrada. El 19,37% de la cifra de negocios se debe a productos tecnológicamente mejorados y el 11,79% a productos tecnológicamente nuevos. Este 31,16% de la cifra de negocios obtenida con productos innovadores se distribuyen en un 18,113% que son novedad para las empresas y un 13,03% que son novedad para los mercados en los que operan. Este comportamiento se mantiene para las exportaciones, si bien es mayor el peso de los productos nuevos o

Universidad de Huelva 2009

mejorados. Es decir, en los mercados exteriores la dependencia de las innovaciones tecnológicas para mantener la cifra de negocios es superior a la existente en los mercados domésticos.

Por otro lado, si atendemos a la importancia para la cifra de negocios de las empresas de las innovaciones, observamos como, en conjunto, al sumar las novedades tecnológicas a las mejoras tecnológicas, en Andalucía se alcanzan el 36% de la cifra de negocios frente al 31 de España. Es decir, a pesar del menor esfuerzo investigador y de la menor intensidad en innovación, la parte del volumen de negocios dependiente de la innovación es mayor en Andalucía que en España. Sin embargo, el que en su mayor parte sean productos nuevos para las empresas, no para los mercados, podría apuntar hacia una imitación de otras empresas innovadoras. Es decir, una vez introducidas dejarían de ser innovación y el peso de las innovaciones sobre la cifra de negocios podría caer considerablemente en ausencia de una estrategia clara y unos esfuerzos y niveles suficientes de investigación y de innovación. La falta de estadísticas continuadas de estos y otros datos referentes a la innovación nos impide responder adecuadamente a esta cuestión.

En cuanto a la utilización de nuevas tecnologías en la fabricación por parte de las empresas innovadoras, encontramos también una debilidad en las empresas andaluzas. A excepción de la utilización de infraestructura informática y correo electrónico, las empresas andaluzas tienen un nivel de utilización sensiblemente inferior a la media española de las tecnologías de fabricación consultadas. Pero quizás lo más preocupante sea el porcentaje de empresas que afirman no tener prevista la utilización de estas

Universidad de Huelva 2009

tecnologías por no considerarlas aplicables, muy superior en todos los casos a la media española. Ello refleja una estructura productiva de la industria andaluza con un excesivo componente tradicional, que implica una fuerte limitación para la absorción y adopción de innovaciones tecnológicas, de las que va a depender cada vez en mayor medida la capacidad competitiva de las empresas[19].

Además de esta visión de conjunto de la industria andaluza, vamos a centrarnos en aquellos sectores para los que las innovaciones suponen un volumen importante de su cifra de negocios (por encima del 50%) y por otro lado, en aquellos que no siguen las pautas estructurales del conjunto de la industria en sus gastos en innovación, es decir, aquellos para los que los gastos en I+D están muy por encima del 42% o bien muy por debajo. A ello nos ayudan las Tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Entre los sectores para los que las innovaciones tienen un peso importante de la cifra de negocios, encontramos Madera y Corcho (95,5%), Caucho y plástico (92,8%), Maquinaria y equipo mecánico (55,48%), Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico (47,95%) y Material de transporte (66,11%). De entre ellos, a excepción de Madera y Corcho, en que el 99,9% de los gastos en innovación son de naturaleza distinta a la I+D, en los demás los gastos de I+D superan el 60% de los gastos en innovación. Es decir, aquellos sectores para los que las innovaciones tienen una mayor importancia en la cifra de negocios son los que dedican una mayor proporción de sus actividades de innovación a la I+D.

[19] Los datos que apoyan este análisis se encuentran en la Tabla de Principales Resultados, en IEA (2001), pp. 27–28. Para el estudio detallado de los sectores productivos individuales nos remitimos a la propia publicación.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.9. ACTIVIDADES DE INNOVACIÓN E IMPORTANCIA DE LAS INNOVACIONES INCORPORADAS POR LAS EMPRESAS INNOVADORAS (EIN) EN SU CIFRA DE NEGOCIOS.

SECTORES	ANDALUCÍA				ESPAÑA			
	Gastos en innovación tecnológica			% Cifra de negocios de la EIN en productos nuevos o mejorados	Gastos en innovación tecnológica			% Cifra de negocios de la EIN en productos nuevos o mejorados
	Total (millones de Ptas.)	I+D (%)	Otras actividades (%)		Total (millones de Ptas.)	I+D (%)	Otras actividades (%)	
Total Industria	66.962	42,00	68,00	35,96	1.010.671	44,14	55,86	31,16
Industrias extractivas y del petróleo	153	100,00	-	-	37.396	21,82	78,18	8,38
Alimentación, bebidas y tabaco	22.274	9,66	90,34	19,28	113.120	15,8	84,19	28,37
Textil, confección, cuero y calzado	349	47,73	52,27	12,37	28.088	35,32	64,68	27,4
Madera y corcho	1.563	0,11	99,89	95,5	21.762	5,37	94,63	32,18
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	1.783	40,24	59,76	51,67	71.413	18,52	81,48	27,08
Química	3.883	50,89	49,11	21,8	121.048	65,92	34,08	26,42
Caucho y materias plásticas	5.060	78,88	21,12	92,8	24.207	46,98	53,02	46,9
Productos minerales no metálicos diversos	4.745	8,88	91,12	32,01	48.297	19,88	80,12	30,76
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	1.740	28,65	71,35	14,7	83.238	22,62	77,38	26,13
Maquinaria y equipo mecánico	1.219	60,78	39,22	55,48	65.379	56,42	43,58	45,1
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	10.238	82,81	17,19	47,95	120.023	70,47	29,53	47,74
Material de transporte	12.586	65,99	34,01	66,11	240.594	52,97	47,03	53,45
Industrias manufactureras diversas	903	38,05	61,95	55,37	16.707	45,54	54,46	45,15
Energía y agua	464	38,29	61,71	0,97	19.353	58,87	41,13	4,47
Servicios de telecomunicaciones	9.033	43,04	56,96	25,48	129.860	33,38	66,62	19,82

Fuente: IEA (2001), *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Resultados de Andalucía*.

En el sector de Caucho y plásticos la totalidad de las innovaciones son novedad para la empresa, no para el mercado y produce fundamentalmente productos tecnológicamente mejorados (90,35% de la cifra de negocios), no tecnológicamente nuevos.

De otra parte, en el sector de Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y óptico destaca el peso de la I+D externa (51% de los gastos en innovación) que le permiten obtener un 32% de su cifra de negocios y

Universidad de Huelva 2009

un 58% de sus exportaciones, gracias a productos nuevos, frente al 16% y 20% que se deben, respectivamente, a productos mejorados. Sin embargo, un 31% de su cifra de negocios se debe a productos nuevos para la empresa, no para el mercado.

TABLA 5.10. DISTRIBUCIÓN DE LA CIFRA DE NEGOCIOS DE LAS EIN EN ANDALUCÍA EN 1998.

SECTORES	Porcentaje de la cifra de negocios de las EIN debida a:				Porcentaje de la cifra de negocios de las EIN debida a productos nuevos o mejorados, según:	
	Productos nuevos	Productos tecnológicamente mejorados	Productos sin alterar o ligeramente modificados	Otros conceptos	Sean novedad para la empresa	Sean novedad para el mercado
Total Industria	**8,84**	**27,12**	**56,08**	**7,97**	**28,21**	**7,75**
Industrias extractivas y del petróleo	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Alimentación, bebidas y tabaco	1.95	17.33	59.59	21.13	7.80	11.48
Textil, confección, cuero y calzado	1.04	11.33	52.75	34.89	12.11	0.26
Madera y corcho	69.80	25.71	3.93	0.57	78.58	16.92
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	9.13	42.54	30.05	18.28	14.64	37.03
Química	8.31	13.48	73.53	4.67	12.47	9.33
Caucho y materias plásticas	2.45	90.35	7.20	0.00	92.80	0.00
Productos minerales no metálicos diversos	4.98	27.03	66.39	1.60	10.82	21.19
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	3.75	10.94	83.59	1.72	13.30	1.40
Maquinaria y equipo mecánico	18.88	36.60	31.45	13.06	15.81	39.68
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	32.36	15.59	46.63	5.43	31.30	16.65
Material de transporte	30.32	35.78	27.32	6.57	62.87	3.24
Industrias manufactureras diversas	23.04	32.33	44.42	0.21	41.98	13.39
Energía y agua	0.10	0.87	98.55	0.48	0.00	0.97
Servicios de telecomunicaciones	1.83	23.65	72.54	1.98	21.39	4.10

Fuente: IEA (2001), *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Resultados de Andalucía.*

Algo semejante le ocurre al sector de Material de transporte, con un 63% de la cifra de negocios obtenida con productos nuevos para las empresas, no para los mercados en los que operan. La principal

Universidad de Huelva 2009

peculiaridad de este sector es que en su estructura de gastos en innovación predominan los gastos en I+D (76%) fundamentalmente internos (55%) y los gastos en diseño e ingeniería industrial (32,%), en detrimento de la adquisición de tecnología, tanto material (poco más del 1% en maquinaria y equipo), como inmaterial, en la que no realiza gasto alguno.

TABLA 5.11. DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES INNOVADORAS DE LAS EIN.

DATOS DE ANDALUCÍA 1998	Distribución porcentual de las actividades innovadoras						
SECTORES	Gastos internos en I+D	Gastos externos en I+D	Adquisición de maquinaria y equipo	Adquisición de tecnología inmaterial y software	Gastos en diseño, ingeniería industrial, producción previa	Gastos de formación	Gastos de comercialización
Total Industria	**31,44**	**10,56**	**45,98**	**0,78**	**8,86**	**0,82**	**1,55**
Industrias extractivas y del petróleo	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alimentación. bebidas y tabaco	8.57	1.09	83.49	0.64	1.35	1.47	3.39
Textil. confección. cuero y calzado	46.66	1.07	51.93	0.00	0.00	0.34	0.00
Madera y corcho	0.11	0.00	99.69	0.03	0.01	0.07	0.09
Papel. edición. artes gráficas y reproducción	39.48	0.76	58.64	0.81	0.15	0.15	0.00
Química	45.19	5.71	42.94	0.05	5.52	0.23	0.36
Caucho y materias plásticas	78.88	0.00	15.48	1.25	0.00	1.20	3.20
Productos minerales no metálicos diversos	8.77	0.11	85.81	0.89	3.53	0.26	0.63
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	27.97	0.68	35.82	4.03	26.05	1.89	3.55
Maquinaria y equipo mecánico	59.84	0.94	31.12	0.32	7.21	0.36	0.21
Material y equipo eléctrico. electrónico y óptico	31.94	50.87	10.55	1.79	4.48	0.25	0.12
Material de transporte	55.29	10.71	1.19	0.00	32.25	0.56	0.01
Industrias manufactureras diversas	38.05	0.00	41.31	0.00	20.65	0.00	0.00
Energía y agua	37.02	1.26	59.95	0.86	0.00	0.90	0.00
Servicios de telecomunicaciones	31.31	11.73	34.75	14.66	0.04	0.73	6.78

Fuente: IEA (2001), *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Resultados de Andalucía*.

En cuarto lugar, el sector de maquinaria y equipo mecánico, cuyas principales actividades innovadoras consisten en la I+D (61%) y la

Universidad de Huelva 2009

adquisición de maquinaria y equipo (31%), en detrimento de las demás actividades, especialmente tecnología inmaterial y diseño e ingeniería industrial. Introduce fundamentalmente productos mejorados (37% de su cifra de negocios y 21% de las exportaciones), si bien la principal diferencia frente a los sectores anteriormente estudiados y al conjunto de la economía andaluza es que, de su cifra de negocios debida a las innovaciones, un 40% corresponde a productos nuevos para el mercado, aunque en buena parte sean sólo tecnológicamente mejorados y no tecnológicamente nuevos.

En cuanto se refiere a Madera y corcho, el 99,7% de los gastos en innovación se destinan a la adquisición de maquinaria y equipo. Por otro lado, la práctica totalidad de las empresas realizan innovaciones de producto. El 70% de la cifra de negocios se debe a nuevos productos y el 25% a productos mejorados y de las exportaciones el 80% lo son de productos nuevos y el 4% de productos mejorados. Pero de ese 95% de la cifra de negocios, sólo el 17% se debe a productos nuevos para los mercados en que operan las empresas, el otro 79% se debe a productos que sólo son nuevos para las empresas, no para el mercado. Esto pone de manifiesto un fuerte proceso de innovación por imitación en los últimos dos o tres años. No obstante, parece razonable que una vez incorporada la imitación a la actividad de la empresa, la participación de las innovaciones en la cifra de negocios caiga hacia los niveles nacionales, en torno al 33%.

En el otro extremo están aquellos otros sectores en los que las actividades de innovación son fundamentalmente distintas de la I+D. Entre estos sectores, al margen del ya mencionado Madera y corcho,

Universidad de Huelva 2009

encontramos los de primera transformación de los minerales, metálicos y no metálicos, que quizás por ser sectores tradicionales sea razonable considerar que las posibilidades de innovación se limitan a las mejoras en los procesos productivos a través de la incorporación, fundamentalmente, de maquinaria y equipo.

Sin embargo, también encontramos dentro de esta última clase de sectores uno de especial importancia para la economía andaluza. Se trata de Alimentación, bebidas y tabaco, en el que más del 90% de los gastos de innovación son distintos de la I+D (el 83% adquisición de maquinaria y equipo), al tiempo que las cifras de negocio debidas a la innovación están por debajo del 20%, mientras que para España casi llegan al 30%. Esta desvinculación de la innovación se muestra tanto en los productos mejorados (que sólo representan un 17% de la cifra de negocios frente al 21% en España) como especialmente en los productos nuevos, que sólo representan el 3% frente al 7,5 de España y se mantiene para las exportaciones, de las que sólo un 2,85 se deben a productos nuevos frente al 8,5 de España.

Si atendemos a la intensidad en innovación (porcentaje de los gastos en innovación sobre la cifra de negocios), vemos cómo la intensidad total casi duplica al español (4% frente al 2,2%), si bien la parte que es I+D no llega al 10% frente a casi el 16% de España. Si además consideramos que, de las empresas innovadoras son menos del 4% las que realizan I+D sistemática y menos del 6% las que cooperan, podemos concluir que la principal asignatura pendiente de este sector es la I+D.

Universidad de Huelva 2009

Aunque el componente tradicional sea importante en este sector, no es menos cierto que cada vez más cobra importancia la I+D en cuanto a nuevos métodos de cultivo, nuevas variedades de productos, formas de control de plagas, sistemas de riego, solución de los problemas de estacionalidad, etc. Dado que es este sector el que permite transformar la producción del sector primario y así retener en Andalucía una mayor porción del valor añadido por él generado, parece necesario incrementar el esfuerzo en I+D de este sector para innovar y absorber las innovaciones ya realizadas en otros lugares, así como para potenciar la adopción de innovaciones por parte del sector primario. Por todo ello, resulta especialmente preocupante tanto el reducido peso de la I+D en el sector, como la escasa importancia que tiene la innovación en la cifra de negocios.

5.1.3. La valoración del output a partir de los datos de patentes.

Como ya hemos discutido en el Capítulo 2, las estadísticas sobre patentes son un buen indicador, aunque parcial, del output del sistema de investigación, y ello por distintos motivos. No vamos a volver aquí sobre dichas limitaciones, aunque deberán estar presentes para relativizar las conclusiones que puedan derivarse del análisis que sigue.

Vamos a comenzar con un estudio descriptivo de la evolución del número de patentes, a la vista de la Tabla 5.12. En primer lugar destacamos la extrema debilidad del output del sistema andaluz de innovación; sólo representa el 3,40% de las patentes españolas, mientras que el PIB andaluz es el 13,45% del total nacional. Esta debilidad es mucho más acusada que la que ya hemos destacado anteriormente para los gastos en I+D, que

Universidad de Huelva 2009

representaban entre el 7,5% y el 10% del volumen total de gastos de I+D en España. Es decir, la debilidad en el output del sistema andaluz de innovación es muy superior a la existente en el input de dicho sistema. No obstante, la posible existencia de un importante efecto sede, que concentra las solicitudes de patentes (y probablemente también la contabilización de la I+D empresarial) especialmente en Madrid y Cataluña, debe matizar estas conclusiones.

TABLA 5.12. EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE PATENTES 1988–1995.

AÑO	ANDALUCÍA		ESPAÑA		% ANDALUCÍA / ESPAÑA	
	número de patentes	índice 1988=100	número de patentes	índice 1988=100	PATENTES	PIB
1988	75	100	5.573	100	1.33	13.44
1989	100	133	3.186	57	3.14	13.27
1990	115	153	3.086	55	3.73	13.65
1991	63	84	3.813	68	1.65	13.67
1992	67	89	4.014	72	1.67	13.52
1993	211	281	4.337	78	4.87	13.38
1994	204	272	4.046	73	5.04	13.42
1995	281	375	4.699	84	5.98	13.27
TOTAL 1988–1995	**1.116**		**32.754**		**3,40**	**13,45**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la Oficina Española de Patentes y Marcas, la Contabilidad Regional de España del INE y ACOSTA Y CORONADO (1992).

En segundo lugar, destaca igualmente el comportamiento cíclico del número de patentes, tanto en Andalucía como en el conjunto de España. Sin embargo, no encontramos ninguna relación entre la evolución andaluza y la española. En España se produce una fuerte caída de 1988 a 1990 hasta poco más de la mitad de los niveles iniciales. A partir de este momento se produce una recuperación sostenida hasta 1995 (a excepción de una ligera caída en 1994), pero sin llegar a alcanzar los niveles de 1988; el índice se queda en 1995 al 84% del de 1988. En Andalucía encontramos, por el contrario un carácter, más errático. Fuerte incremento de 1988 a 1990, en

Universidad de Huelva 2009

que el índice toma un valor de 155, seguido de una caída igualmente fuerte en 1991 (Índice = 84), una leve recuperación en 1992 (Índice = 89) todavía con niveles inferiores a los de 1988; a continuación un muy fuerte incremento en 1993 (Índice = 281), de nuevo una ligera caída hasta un índice de 272 en 1994 y finalmente una fuerte subida hasta un índice de 375 en 1995. La evolución andaluza y su carácter diferenciado respecto a la española son de difícil explicación[20]. No obstante, planteamos a continuación dos hipótesis.

En primer lugar recordemos que una patente indica, entre otras cosas, que existen unas expectativas razonables de rentabilidad económica por parte del solicitante. Desde esta perspectiva, las solicitudes de patentes en Andalucía habrían sido mucho más sensibles a la evolución a corto plazo de las expectativas sobre la coyuntura económica, que en el conjunto de España[21], donde han seguido una evolución más gradual. No puede decirse, por tanto, que la evolución del output del sistema de innovación en Andalucía haya seguido miméticamente los pasos del output del conjunto del sistema en España.

Sin embargo, a la vista de las Tablas A5.8 y A5.9, del anexo al presente capítulo, en las que se recoge la evolución del número de patentes

[20] De hecho, ACOSTA y CORONADO (1992) mantienen que, para el período 1988–1992 no existe ninguna explicación razonable para la evolución del número de patentes en Andalucía.

[21] Como mantienen ACOSTA Y CORONADO (1998) la concentración geográfica en materia de patentes, medida por el índice de Gini, es muy superior a la, ya elevada, existente en el PIB. Así, al hablar de datos del conjunto de España, estamos hablando fundamentalmente de las pautas marcadas por las tres regiones que concentran el mayor número de patentes: Madrid, Cataluña y el País Vasco. Estas tres regiones constituyen el núcleo que VAZQUEZ *et al.* (1997) llaman "regiones tecnológicamente avanzadas", frente a las demás que llaman "regiones tecnológicamente periféricas".

Universidad de Huelva 2009

por billón de pesetas de PIB, comprobamos cómo, en general, los años de incremento del número de patentes se corresponden con mayores valores en el número de patentes por billón de PIB, mientras que los años de caída del número de patentes coinciden con un menor número de patentes por billón de PIB. La posible influencia del ciclo económico parece que debe, por tanto, descartarse. Además, el profesor Jaumandreu mantiene que en el caso del conjunto de España resulta difícil encontrar una tendencia en la evolución del número de patentes[22]. Constata que no existe ninguna tendencia de largo plazo en las patentes medias (número de patentes dividido por número de empresas), a no ser una ligera reducción en las patentes de las empresas de menor tamaño. Probablemente la preponderancia de PYME en la estructura del sistema productivo andaluz justifique el comportamiento errático del número de patentes, al ser este tipo de empresas, al menos aparentemente, más vulnerables a las vicisitudes de la coyuntura económica.

De otra parte, puesto que las patentes son el output de un sistema en cuyo input encontramos, junto con otros factores, la I+D de forma preponderante, podemos pretender una justificación de la evolución en función de las consecuencias del PAI. Como hemos señalado en el Capítulo 4, en Andalucía las primeras medidas de política científica tuvieron lugar con dl Programa de Política Científica (PPC) 1984–1987, se continuaron con el Plan Andaluz de Investigación (PAI) 1990–1993, reeditado en 1996–1999 y 2000–2003, este último vigente en la actualidad. Si aceptamos la existencia de un retrase de entre tres y cuatro años desde que se inician las

[22] Esta afirmación es demostrada por JAUMANDREU (2000), a la vista de los resultados de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales.

Universidad de Huelva 2009

actividades de I+D hasta que sus resultados pueden materializarse en patentes, aparentemente, la fase de crecimiento inicial sería resultado del PPC, el declive de 1990–1992 de debería a la etapa intermedia entre el PPC y el PAI en que no existía un instrumento concreto de planificación y ejecución de la política científica, y por último el fuerte crecimiento de 1993–1995 sería el fruto del PAI.

No obstante esta explicación presenta fuertes debilidades. En primer lugar, resulta difícil explicar por qué en el conjunto de España no han tenido los mismos efectos positivos los sucesivos Planes Nacionales de I+D. Además, si las patentes son fundamentalmente el resultado de la I+D empresarial, siendo menor la tendencia a patentar los resultados de la I+D pública, la explicación se debilita más. Tanto el PPC como el PAI han fomentado fundamentalmente la I+D pública y en menor medida la de las empresas, por lo que su efecto sobre el número de patentes es más que cuestionable.

En la Tabla 5.13, pretendemos arrojar algo de luz a estas cuestiones, a la vista de los datos no sólo del número total de patentes, sino también del número de patentes en relación con los gastos en I+D y el número de investigadores, totales y del sector empresas. Como podemos comprobar, el número de patentes por cada mil millones de pesetas de gastos en I+D o por cada mil investigadores caen los años en los que se reduce el número de patentes y crecen los años que dicho número de patentes aumenta. Por lo tanto, no podemos justificar las variaciones en el número de patentes por cambios en los recursos, monetarios o personales, dedicados a la I+D. La segunda hipótesis parece, por tanto, que debe rechazarse. Parece mas bien

Universidad de Huelva 2009

que las variaciones se deben a cambios en el componente aleatorio que forma parte del proceso de investigación, como ya hemos señalado en el Capítulo 2.

TABLA 5.13. PATENTES EN RELACIÓN CON LOS GASTOS EN I+D TOTALES (GID), LOS CORRESPONDIENTES A LAS EMPRESAS (GIDE), EL NÚMERO DE INVESTIGADORES EN EDP (INV) Y LOS CORRESPONDIENTES A LAS EMPRESAS (INVE) 1988–1995.

AÑO	ANDALUCÍA						ESPAÑA					
	PATENTES		nº. de patentes por cada				PATENTES		nº. de patentes por cada			
	Nº.	ÍNDICE	10^9 Pta GID	10^9 Pta GIDE	1.000 INV	1.000 INVE	Nº.	ÍNDICE	10^9 Pta GID	10^9 Pta GIDE	1.000 INV	1.000 INVE
1988	75	100	3	9	29	222	5.573	100	19	34	179	652
1989	100	133	4	11	35	255	3.186	57	9	17	97	339
1990	115	153	4	11	34	243	3.086	55	7	13	82	280
1991	63	84	2	6	16	129	3.813	68	8	14	94	328
1992	67	89	2	6	16	144	4.014	72	7	15	96	346
1993	211	281	4	19	49	471	4.337	78	8	16	100	385
1994	204	272	5	19	41	ND	4.046	73	7	16	85	365
1995	281	375	5	18	48	523	4.699	84	8	16	99	435

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Encuesta sobre Gastos en I+D del INE y los datos de ACOSTA y CORONADO (1992).

Para completar el análisis, en la Tabla 5.14 representamos, junto con los datos de patentes los correspondientes al esfuerzo investigador total y de las empresas. De nuevo observamos que la evolución del número de patentes no guarda ninguna relación con el esfuerzo investigador, ni del conjunto de la economía ni del sector empresas.

En definitiva, podemos concluir que el output del sistema andaluz de innovación ha seguido una evolución relativamente independiente de las políticas públicas de apoyo a la investigación, centradas en favorecer el lado del input a través de los gastos en I+D; al menos aquella parte del output que puede medirse a través de las estadísticas sobre patentes.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.14. EVOLUCIÓN DE LAS PATENTES, EL ESFUERZO INVESTIGADOR (EI) Y EL ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS (EIE) 1988–1995.

AÑO	ANDALUCÍA						ESPAÑA					
	PATENTES		EI		EIE		PATENTES		EI		EIE	
	Nº.	ÍNDICE	%	ÍNDICE	%	ÍNDICE	Nº.	ÍNDICE	%	ÍNDICE	%	ÍNDICE
1988	75	100	0,40	100	0,15	100	5.573	100	0,72	100	0,41	100
1989	100	133	0,44	110	0,16	107	3.186	57	0,75	104	0,42	102
1990	115	153	0,46	115	0,15	100	3.086	55	0,85	118	0,49	120
1991	63	84	0,47	118	0,15	100	3.813	68	0,87	121	0,49	120
1992	67	89	0,52	130	0,14	93	4.014	72	0,91	126	0,46	112
1993	211	281	0,64	160	0,14	93	4.337	78	0,91	126	0,44	107
1994	204	272	0,52	130	0,13	87	4.046	73	0,85	118	0,40	98
1995	281	375	0,60	150	0,16	107	4.699	84	0,81	113	0,39	95

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en linea" de la OEPM, la Contabilidad Regional de España y la Encuesta sobre Gastos en I+D del INE y los datos de ACOSTA y CORONADO (1992).

Para atender a las diferencias en los distintos sectores de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) hemos construido las tablas 5.15 y 5.16, en las que reflejamos la distribución porcentual entre los sectores CIP de las patentes de cada año. En ambas podemos comprobar, en primer lugar, cómo tanto en Andalucía como en el conjunto de España prácticamente un tercio de las patentes corresponden al sector A (Agricultura y alimentación, mobiliario y salud), si en Andalucía se está en el 31%, ligeramente por debajo del 33% del conjunto de España. Igualmente, es segundo sector en importancia es el B (Transportes y técnicas industriales diversas), que representan algo más de la cuarta parte del total, de nuevo en Andalucía ligeramente por debajo de España; un 26% frente a un 29%, respectivamente.

El tercer sector en importancia es el C (Construcciones fijas), que representa el 11,38% en Andalucía y el 11,74% en el conjunto de España.

Universidad de Huelva 2009

También encontramos semejanzas en la participación del sector H (Electricidad y electrónica), ligeramente por debajo del 5% en ambos casos; concretamente el 4,39% en Andalucía y el 4,73% en España. Una última equivalencia la encontramos en el sector H (Textiles y papel), que es el que menor peso tiene en ambos casos, un 1% en Andalucía y un 1,15% en el conjunto de la economía española.

TABLA 5.15. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS PATENTES POR SECTORES CIP EN ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. Agricultura y alimentación, mobiliario y salud	29,33%	24,00%	22,61%	28,57%	32,84%	33,65%	30,88%	35,23%	**30,91%**
B. Transportes y técnicas industriales diversas	32,00%	29,00%	28,70%	23,81%	23,88%	26,54%	25,98%	24,56%	**26,43%**
C. Química y metalurgia	8,00%	8,00%	9,57%	14,29%	13,43%	5,21%	8,33%	4,63%	**7,53%**
D. Textiles y papel	1,33%	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,42%	0,98%	1,42%	**0,99%**
E. Construcciones fijas	6,67%	7,00%	11,30%	1,59%	7,46%	17,06%	12,75%	12,10%	**11,38%**
F. Mecánica, iluminación, calefacción armamento	8,00%	11,00%	10,43%	6,35%	2,99%	6,16%	7,35%	7,47%	**7,53%**
G. Física Básica	12,00%	15,00%	10,43%	15,87%	13,43%	6,64%	8,33%	12,46%	**10,84%**
H. Electricidad y electrónica	2,67%	5,00%	6,96%	9,52%	5,97%	3,32%	5,39%	2,14%	**4,39%**
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM y ACOSTA y CORONADO (1992).

Las principales divergencias las encontramos, en primer lugar, en el sector H (Química y metalurgia), que representa un 7,5% de las patentes andaluzas, mientras que en España en su conjunto se queda tan sólo en el 1,8%. Por otro lado, los sectores F y G cambian orden y peso entre Andalucía y España: el sector F (Mecánica, iluminación, calefacción y armamento) representa el 7,5% en Andalucía frente al 10,2% en España,

Universidad de Huelva 2009

mientras que el sector G (Física básica) representa en Andalucía el 10,8% frente al 8,5% del conjunto de España.

TABLA 5.16. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS PATENTES POR SECTORES CIP EN ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. Agricultura y alimentación, mobiliario y salud	27,97%	27,34%	29,65%	37,61%	36,72%	35,88%	36,63%	32,69%	**33,06%**
B. Transportes y técnicas industriales diversas	32,26%	29,88%	34,74%	28,01%	28,23%	26,35%	25,41%	26,07%	**28,76%**
C. Química y metalurgia	0,65%	0,82%	0,55%	0,60%	0,77%	2,72%	4,28%	3,60%	**1,81%**
D. Textiles y papel	1,17%	1,54%	1,30%	0,87%	1,02%	1,11%	1,09%	1,21%	**1,15%**
E. Construcciones fijas	10,23%	13,09%	11,37%	12,93%	12,41%	11,53%	11,15%	12,02%	**11,74%**
F. Mecánica, iluminación, calefacción armamento	13,22%	11,93%	11,11%	9,47%	9,94%	8,28%	8,38%	9,19%	**10,23%**
G. Física Básica	10,46%	10,58%	6,87%	6,48%	6,35%	8,55%	7,66%	10,17%	**8,53%**
H. Electricidad y electrónica	4,04%	4,83%	4,41%	4,04%	4,56%	5,58%	5,41%	5,04%	**4,73%**
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM y ACOSTA y CORONADO (1992).

Podemos concluir por tanto que, en grandes líneas, la distribución sectorial de las patentes en Andalucía es bastante semejante a la existente en España, especialmente en cuanto a los sectores de mayor peso. No obstante en Andalucía también se presentan determinadas especificidades. En primer lugar, los dos sectores de mayor peso tienen una importancia ligeramente inferior a la que alcanzan en el conjunto de España. Por otro lado, el sector de Química y metalurgia tiene una considerable importancia en Andalucía mientras que en el conjunto de España es casi residual, con niveles de importancia semejantes a los del sector Textil y del papel. Por último, en Andalucía tienen una mayor importancia que en España las patentes de Física básica, en detrimento de las de Mecánica, iluminación,

Universidad de Huelva 2009

calefacción y armamento. Estos datos se ven corroborados si atendemos a la Ventaja Revelada en Patentes (RPA), cuyos datos están reflejados en la Tabla A5.16, del anexo al presente capítulo. Andalucía presenta una RPA positiva y significativa en Química y metalurgia y, en menor medida, en Física básica. En los demás sectores presenta una RPA negativa, si bien estas desventajas son despreciables, a excepción de la existente en Mecánica, iluminación, calefacción y armamento.

En cuanto a la evolución cíclica de los diferentes sectores, a la vista de los datos de las Tablas A5.6 hasta la A5.18, podemos comprobar como el análisis general realizado más arriba es, en líneas generales, aplicable a la evolución de los diferentes sectores CIP.

5.2. UNA APROXIMACIÓN A LA DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA A PARTIR DE LAS TABLAS INPUT–OUTPUT.

Ya hemos apuntado cómo las Tablas Input–Output pueden ayudarnos a estudiar la difusión de las innovaciones tecnológicas al conjunto de la economía. Y ello por un doble motivo. De un lado a través de los flujos de los sectores productores de aquellos bienes de capital que suponen la innovación en sí hacia los sectores que la utilizan. De otro, indirectamente, a través de los flujos de bienes y servicios producidos por aquellos sectores que incorporan antes y en mayor medida las innovaciones tecnológicas. La idea subyacente en este segundo caso es que los sectores que consumen estos bienes y servicios están utilizando indirectamente la tecnología con la

Universidad de Huelva 2009

que son producidos, al tiempo que están incentivando a los sectores que los producen a utilizar e incorporar más tecnología.

Tenemos, por tanto, dos indicadores a partir de las tablas input-output para aproximarnos al nivel y los procesos de difusión de la tecnología. Los índices de contenido tecnológico nos indican el grado de incorporación a través de los inputs intermedios de la tecnología procedente de los sectores tecnológicamente más activos y que hemos llamado sectores potencialmente innovadores, clasificados según el grado de intensidad tecnológica de los mismos.

Por otro lado, los requerimientos de inputs intermedios necesarios para satisfacer la demanda final, nos permiten una doble aproximación. Fijándonos en su variación podemos ver si se ha incrementado la interdependencia sectorial en la economía, lo que se refleja en un incremento de dichos requerimientos, o si por el contrario se ha reducido. Una mayor interdependencia facilita la difusión de las innovaciones incorporadas por los sectores más activos tecnológicamente al conjunto de la economía, mientras que una reducción la dificulta. De otra parte, si nos fijamos en la evolución de los requerimientos de inputs intermedios procedentes de sectores concretos podremos ver si dicha variación ha incrementado o no los requerimientos procedentes de sectores potencialmente innovadores, lo que nos indicaría una mayor difusión de la tecnología al conjunto del sistema productivo en caso afirmativo.

Además, podemos diferenciar los cambios en los requerimientos debidos a variaciones en la estructura y volumen de la demanda final de aquellos que lo son a variaciones en la estructura tecnológica del sistema

Universidad de Huelva 2009

productivo, reflejados estos últimos por cambios en la matriz de coeficientes técnicos y en la inversa de Leontief. Esto nos permite saber si la mejora o el empeoramiento en la capacidad de difusión de la tecnología se deben a una reestructuración técnica del sistema productivo o bien a cambios en la demanda final.

5.2.1. Análisis de los Índices de Contenido Tecnológico.

A continuación pasamos a estudiar la evolución experimentada por los índices de contenido tecnológico (ICT) desde 1975 a 1995, para distintos niveles de agregación. Igualmente nos referiremos a distintas intensidades en los ICT, según incluyamos sólo los inputs procedentes de los sectores potencialmente innovadores de alta intensidad tecnológica o también incluyamos los de media y los de baja intensidad[23].

a) La evolución para el conjunto de la economía.

Como puede verse en la Tabla 5.17, a lo largo del período se ha producido un incremento en el contenido tecnológico de los inputs utilizados en el conjunto del sistema productivo, aunque sólo llegan a poco más del 50%. Es decir casi la mitad de los inputs intermedios incorporados en el proceso productivo de la industria andaluza proceden de sectores de escaso nivel y capacidad tecnológica.

El incremento en poco más de diez puntos (del 45,27 de 1975 al 55,90 de 1995) debe verse en tres etapas diferenciadas. En el primer quinquenio,

[23] Para una definición más detallada de los distintos niveles de ICT y sectores potencialmente innovadores, nos remitimos a la exposición que hemos realizado en el capítulo 2.

Universidad de Huelva 2009

se incrementa en más de siete puntos, reduciéndose en uno el contenido procedente del interior. Es decir, no sólo se incrementa el nivel tecnológico a través de la difusión de la tecnología incorporada en los inputs intermedios, sino que además se hace con inputs procedentes de fuera de Andalucía. Podemos considerar que se trata por tanto de una forma de difusión de tecnología importada.

TABLA 5.17. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO EN LA ECONOMÍA ANDALUZA (1975–1995).

INDICE DE CONTENIDO TECNOLOGICO (1)		1975	1980	1990	1995
* GLOBAL:	TOTAL	45.27	52.66	51.20	55.90
	REGIONAL	26.46	25.15	31.01	32.83
* MEDIO-ALTO:	TOTAL	18.42	15.43	16.97	21.29
	REGIONAL	7.55	6.30	5.60	8.16
* ALTO:	TOTAL	ND	1.80	3.34	5.03
	REGIONAL	ND	1.00	1.80	2.65

(1) En porcentaje
Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN, 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Sin embargo, en la década de 1980, en la que se produce una profunda crisis industrial, tiene lugar el proceso justo contrario. Se reduce el índice de contenido tecnológico al tiempo que aumenta el componente regional dentro de este índice. Si consideramos la mayor debilidad y atraso tecnológico generalizado en Andalucía en esta década, nos encontramos con un debilitamiento del nivel tecnológico de nuestra región, al debilitarse la difusión de tecnologías exteriores más avanzadas a favor de las interiores, más débiles.

Por último, en el último quinquenio se produce una recuperación tanto del componente regional como del externo en la incorporación y difusión de tecnología a través de los inputs intermedios, en especial del

Universidad de Huelva 2009

componente exterior, que aumenta caso cinco puntos porcentuales frente a casi dos del interior. De nuevo se vuelve a mejorar el nivel tecnológico regional al difundirse tecnologías más fuertes. Es al final de este período cuando se alcanzan los niveles más elevados de contenido tecnológico incorporado en los inputs intermedios en el conjunto del sistema productivo.

Sin embargo, si nos fijamos en índices mucho más exigentes, como son los que sólo incluyen los inputs procedentes de sectores de alta y media intensidad tecnológica, el análisis cambia considerablemente. El índice que considera conjuntamente los sectores de media y alta intensidad también se incrementa a lo largo del período, aproximadamente tres puntos, de 18,42 en 1975 a 21,29 en 1995. Comienza con una considerable caída inicial de tres puntos hasta el 15,43 de 1980, momento a partir del cual comienza una paulatina y gradual recuperación al 16,97 de 1990 y concluye con un crecimiento más intenso en el último quinquenio, hasta el 21,29 definitivo de 1995. Pero quizás la peculiaridad más llamativa en este índice sea la continuada reducción en su componente regional. Es decir, la tecnología de mediana y alta intensidad que se ha difundido a través de los inputs intermedios en Andalucía tiene cada vez un mayor componente exterior.

Para el índice que considera sólo los inputs procedentes de sectores de alta intensidad tecnológica no disponemos de datos en 1975 puesto que en las Tablas Input–Output de este año no existen datos desagregados para dichos sectores[24]. A partir de 1980 observamos un crecimiento continuado

[24] En un anexo a este capítulo exponemos los criterios de agregación para cada año y las dificultades y restricciones encontradas.

Universidad de Huelva 2009

tanto del componente regional como, especialmente, del componente exterior. Es decir, tanto para la incorporación de inputs intermedios de alta como de mediana intensidad tecnológica se recurre al exterior, mientras que para los de baja intensidad se recurre en mayor medida a inputs interiores.

Para relativizar los niveles de los índices de contenido tecnológico de Andalucía los vamos a comparar con los correspondientes niveles españoles, representados en la Tabla 5.18. En ella podemos comprobar como, en general, los índices son mayores en España que en Andalucía durante todo el período. En el índice global se produce una aproximación debida a la reducción de la incorporación de inputs de baja intensidad tecnológica en España y, en menor medida, a un ligero incremento de su uso en Andalucía.

Si sólo consideramos los inputs de media y alta intensidad tecnológica, las diferencias se sitúan inicialmente en seis puntos en 1975, para incrementarse hasta los nueve de 1980, en un quinquenio en que comienzan a reflejarse los efectos de una importante crisis industrial. En la década de 1980 se produce una ligera recuperación, reduciéndose las diferencias hasta poco más de seis puntos en 1990. Es en la primera mitad de la década de 1990, cuando se produce una considerable aproximación de los niveles andaluces a los españoles, 21,29 y 22,68, respectivamente. Ello refleja una reducción de casi dos puntos en los índices españoles entre 1980 y 1995 y un incremento en los andaluces de más de cuatro entre 1990 y 1995.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.18. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA (1975–1995).

INDICE DE CONTENIDO TECNOLOGICO (1)		1975	1980	1990	1995
* GLOBAL:	TOTAL	47.20	64.22	57.19	56.41
	INTERIOR	37.52	50.85	45.95	44.17
* MEDIO-ALTO:	TOTAL	23.20	24.50	23.25	22.68
	INTERIOR	16.03	19.03	16.07	13.81
* ALTO:	TOTAL	—	3.72	5.06	5.21
	INTERIOR	—	2.58	3.51	3.47

(1) En porcentaje
Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE 1975, TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

Si nos fijamos exclusivamente en los inputs de alta intensidad tecnológica, comprobamos como, partiendo de niveles andaluces que no llegaban a la mitad de los españoles en 1980, las diferencias se reducen hasta alcanzar los dos tercios en 1990 y casi el 90% en 1995. En este caso, observamos que, tanto en Andalucía como en España, los índices se han incrementado a lo largo de todo el período.

Los responsables de este equiparamiento son, en ambos casos, los sectores de servicios y administración pública, fundamentalmente con la incorporación de inputs de telecomunicaciones, informática e I+D y el sector de la construcción, principalmente con inputs de maquinaria y material eléctrico.

b) El conjunto de la industria.

Para aproximarnos más al objeto central de nuestra Tesis, vamos a restringir nuestro estudio a los sectores industriales en la economía andaluza. En la tabla 5.19 recogemos los diferentes índices de contenido tecnológico si excluimos en el cálculo, respecto de las tablas del apartado

Universidad de Huelva 2009

anterior, los sectores primario, construcción, servicios y administración pública y defensa.

TABLA 5.19. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA ANDALUZA (1975–1995).

INDICE DE CONTENIDO TECNOLOGICO (1)		1975	1980	1990	1995
* GLOBAL:	TOTAL	42.90	53.76	49.70	52.52
	REGIONAL	18.19	18.13	21.50	20.00
* MEDIO-ALTO:	TOTAL	18.83	13.71	18.77	23.71
	REGIONAL	5.94	5.62	5.93	8.04
* ALTO:	TOTAL	ND	1.42	2.69	3.20
	REGIONAL	ND	0.46	1.20	1.29

(1) En porcentaje
Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN, 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

En ella observamos como el ICT global es menor en la industria que en el conjunto de los sectores productivos, en especial el componente de inputs interiores de dicho índice. Esto indica que los sectores industriales buscan en mayor medida sus inputs con contenido tecnológico en el exterior, difundiendo así tecnologías más desarrolladas.

Por otro lado, si sólo consideramos los inputs de mediana y alta intensidad tecnológica, nos encontramos como, a excepción de 1980, los índices para los sectores industriales superan claramente los correspondientes al conjunto de la economía, recurriendo de nuevo en mayor proporción a inputs exteriores.

Finalmente, si nos centramos exclusivamente en los inputs de alta intensidad tecnológica, comprobamos como, especialmente a partir de 1990, los índices son considerablemente inferiores a los del conjunto de la economía. Ello se debe, como ya hemos señalado, a la importante

Universidad de Huelva 2009

incorporación a partir de esta fecha de inputs de telecomunicaciones y actividades informáticas, que han tenido en la industria una incidencia muy inferior de la que han tenido en el sector servicios y en las administraciones públicas.

Parece, por tanto, que para la industria andaluza, a la hora de incorporar tecnología a través de los inputs intermedios, tienen una mayor importancia los inputs de mediana y alta intensidad tecnológica, especialmente los procedentes del exterior, en detrimento de los de baja intensidad. No obstante, en cuanto se refiere a inputs de alta intensidad tecnológica, los sectores industriales incorporan fundamentalmente inputs procedentes de aquellas industrias que consideramos de alta intensidad tecnológica (Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico, óptico y de precisión), quedando muy por detrás en la incorporación de inputs de lata intensidad tecnológica procedentes de los sectores de informática y telecomunicaciones. En cuanto a la incorporación y difusión de los inputs de telecomunicaciones e informática, los sectores industriales presentan unas capacidades mucho más limitadas que las correspondientes al sector servicios y las administraciones públicas.

TABLA 5.20. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA ESPAÑOLA (1975–1995).

INDICE DE CONTENIDO TECNOLOGICO (1)		1975	1980	1990	1995
* GLOBAL:	TOTAL	48.09	65.41	57.71	55.80
	INTERIOR	33.28	45.18	38.50	36.56
* MEDIO-ALTO:	TOTAL	29.41	31.06	32.58	32.76
	INTERIOR	20.08	23.00	19.89	18.33
* ALTO:	TOTAL	—	2.60	4.39	4.75
	INTERIOR	—	1.43	2.47	2.94

(1) En porcentaje
Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE 1975, TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

Universidad de Huelva 2009

En la tabla 5.20 se reflejan los valores de los índices equivalentes para España. En ella comprobamos que los niveles globales son semejantes a los del conjunto de la economía, aunque con un peso del componente exterior entre seis y ocho puntos superior. Pero las principales diferencias surgen cuando nos fijamos en los inputs de mediana y alta intensidad tecnológica. En este caso, los niveles en los sectores industriales están entre ocho y diez puntos por encima de los correspondientes al conjunto de la economía y unos cinco puntos por encima en su componente exterior. En cuanto se refiere exclusivamente a los inputs de alta intensidad tecnológica, los niveles son ligeramente inferiores a los del conjunto de la economía (reduciéndose las diferencias de un punto a aproximadamente medio punto), con un componente exterior semejante en ambos casos.

Podemos afirmar que en la industria española se ha recurrido en mayor medida a los inputs con contenido tecnológico procedentes del exterior, al tiempo que se han incorporado principalmente inputs de mediana y alta intensidad tecnológica en detrimento de los de baja intensidad. Este comportamiento también ha sido encontrado en la industria andaluza, pero con una considerable menor intensidad.

Al comparar los datos españoles y andaluces, nos encontramos un acercamiento en los índices globales, debido fundamentalmente a una reducción de los valores nacionales más que a un incremento de los correspondientes a Andalucía. En la incorporación de inputs de mediana y alta intensidad también se produce un acercamiento (las diferencias se reducen de los casi dieciocho puntos de 1980 a los aproximadamente nueve

Universidad de Huelva 2009

de 1995), pero siguen siendo considerables. En los inputs de alta intensidad, las diferencias se han mantenido en torno a un punto y medio.

Al comparar la capacidad de difusión de la industria andaluza con la de la española, nos encontramos con una clara debilidad de la primera. Aunque, en ambos, casos la industria tiene una mayor capacidad que el resto de la economía para difundir las tecnologías incorporadas en los inputs de mediana intensidad, en el caso andaluz las diferencias son leves, mientras que son muy claras en al caso español. Pero la principal razón de debilidad está en los inputs de alta intensidad tecnológica. Por un lado, los niveles andaluces son, en el mejor de los casos el 67% de los nacionales. Pero por otro y quizás sea esto lo más importante, mientras en España se mantienen niveles muy semejantes a los del conjunto de la economía, en Andalucía los niveles son claramente inferiores en cuanto a la capacidad para difundir las tecnologías incorporadas en los inputs de telecomunicaciones e informática. Es decir, la industria andaluza está mostrando una clara debilidad en la capacidad de incorporación y difusión de estas tecnologías tanto respecto al sector servicios en Andalucía como respecto a la industria española.

c) Un análisis más desagregado.

Dentro de la industria vamos a excluir ahora la energía y las industrias extractivas y, debido a problemas de agregación en las Tablas Input–Output Españolas[25], también excluiremos la primera transformación de los

[25] Para un mayor detalle de estos y otros problemas de agregación, nos remitimos al apéndice a este capítulo.

Universidad de Huelva 2009

minerales. Los valores obtenidos para Andalucía en este último caso se reflejan en la Tabla 5.21.

TABLA 5.21. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA ANDALUZA (1975–1995).

INDICE DE CONTENIDO TECNOLOGICO (1)		1975	1980	1990	1995
* GLOBAL:	TOTAL	42.29	38.52	36,93	33.93
	REGIONAL	17.11	19.20	17.77	15.82
* MEDIO-ALTO:	TOTAL	18.58	19.56	21.80	22.14
	REGIONAL	5.43	7.93	6.32	7.39
* ALTO:	TOTAL	ND	1.50	3.58	3.93
	REGIONAL	ND	0.57	1.48	1.40

(1) En porcentaje
Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN, 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

En ella podemos observar como los niveles del índice global son los más bajos que hemos encontrado, tanto en su componente interior como en el exterior. La incorporación de inputs de mediana intensidad tecnológica es inferior al conjunto de la industria, aunque ligeramente superior a la correspondiente al conjunto de la economía y con un mayor componente exterior. Los inputs intermedios de alta intensidad tecnológica incorporados, son proporcionalmente superiores a los del conjunto de la industria aunque claramente inferiores a los del conjunto de la economía. Esta debilidad en la capacidad difusora se debe, principalmente, a la menor incorporación de inputs de telecomunicaciones e informática, como ya hemos señalado para el conjunto de la industria.

En España, sin embargo, tal y como recoge la Tabla 5.22, los índices globales son sólo ligeramente más bajos, mientras que los medios son claramente superiores y los altos son equivalentes a los del conjunto de la economía y superiores a los del resto de la industria.

Universidad de Huelva 2009

TABLA 5.22. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA ESPAÑOLA (1975–1995).

INDICE DE CONTENIDO TECNOLOGICO (1)		1975	1980	1990	1995
* GLOBAL:	TOTAL	37.31	50.64	50.89	50.00
	INTERIOR	28.90	39.24	35.57	32.69
* MEDIO-ALTO:	TOTAL	29.82	31.49	33.92	35.82
	INTERIOR	18.13	21.03	20.23	19.55
* ALTO:	TOTAL	—	3.49	5.22	5.19
	INTERIOR	—	1.79	2.85	3.09

(1) En porcentaje
Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE 1975, TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

Es en el conjunto de las manufacturas donde surgen las mayores diferencias entre Andalucía y España, siendo mayores para los inputs de menor intensidad tecnológica. En especial, mientras las manufacturas han mostrado en España una gran capacidad de difusión de la tecnología, especialmente de mediana intensidad, incorporada en los inputs intermedios y también, aunque en menor medida, de la de alta intensidad, en Andalucía no han sido capaces de alcanzar la misma intensidad. En especial, ha fallado la capacidad de incorporar y difundir las telecomunicaciones y la informática.

Pero el comportamiento de cada sector productivo es mucho más variado de lo que muestra este análisis agregado. Para aproximarnos a este análisis atenderemos a los datos reflejados en las Tablas 5.23 y 5.24. Dichas tablas están expresadas en términos de números índice, adoptando el valor 100 la media del conjunto de la economía para cada año. Los datos concretos de los correspondientes ICT, a partir de los cuales han sido calculadas ambas tablas se recogen en las Tablas A5.19 y A5.20, respectivamente, en el Anexo al presente capítulo. De otra parte, nos

Universidad de Huelva 2009

centraremos en los aspectos más relevantes para evitar caer en una excesiva casuística.

TABLA 5.23. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO TOTAL EN ANDALUCÍA (1980–1995).

Evolución de los ICT en Andalucía (en números índice: media = 100)	GLOBAL			MEDIO-ALTO			ALTO		
	1980	1990	1995	1980	1990	1995	1980	1990	1995
P1 Primario	67	81	82	151	131	139	124	51	16
I1 Agua, Gas y Electricidad	81	155	171	33	7	32	57	15	42
I2 Extractivas y refino de petróleo	167	154	160	22	22	121	55	22	28
I3 Producción y primera transformación de metales	180	161	175	19	400	309	96	24	37
I4 Producción y primera transformación de minerales no metálicos	100	120	112	69	48	74	146	44	44
I5 Química	159	133	161	320	267	287	173	35	43
I6 Productos Metálicos	164	160	163	127	376	336	173	51	70
I7 Maquinaria y equipo mecánico	170	148	156	331	351	337	437	335	282
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	164	143	154	431	316	353	179	1309	1045
I9 Material de Transporte	166	147	147	400	292	270	87	140	224
I10 Alimentación	30	30	27	30	27	33	40	29	22
I11 Textil, Vestido y Calzado	34	36	24	50	39	25	80	23	26
I12 Papel y derivados y Artes Gráficas	55	58	48	93	78	61	102	52	41
I13 Caucho y Plástico	162	160	162	475	382	359	227	27	81
I14 Industria de la Madera y el corcho	56	45	36	109	43	33	99	27	48
I15 Otras Manufacturas	174	143	84	115	360	159	100	56	43
C1 Construcción	119	97	132	122	113	92	84	140	231
T1 Terciario	103	108	99	108	76	88	146	98	151
A1 Administración Pública	74	95	58	81	144	53	195	461	143
TOTAL	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
SECTOR INDUSTRIAL	*102*	*97*	*94*	*89*	*111*	*111*	*79*	*80*	*63*
MANURACTURAS (excepto primera transformación de minerales)	73	72	61	127	129	104	83	107	78

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN, 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

En general, los principales causantes de los reducidos niveles agregados son los sectores de Alimentación, Bebidas y Tabaco, Textil, Vestido y Calzado, Papel y derivados y artes gráficas, y Madera y corcho. Se trata de sectores que no sólo mantienen niveles más bajos que el resto en todos los índices, sino que además experimentan una reducción en dichos niveles a lo largo del período. Se trata de sectores que tienen un

Universidad de Huelva 2009

comportamiento parecido en el conjunto de España, pero con niveles superiores a los andaluces, en especial Textil, vestido y calzado.

TABLA 5.24. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO TOTAL EN ESPAÑA (1980–1995).

Evolución de los ICT en España (en números índice: media = 100)	GLOBAL			MEDIO-ALTO			ALTO		
	1980	1990	1995	1980	1990	1995	1980	1990	1995
P1 Primario	50	57	59	62	66	60	8	5	8
I1 Agua, Gas y Electricidad	148	155	151	25	45	51	90	89	108
I2, I3, I4 Extractivas, Refino de Petróleo, Producción y primera transformación de los minerales	147	136	143	139	139	94	13	21	36
I5 Química	128	121	126	205	173	212	18	28	63
I6 Productos Metálicos	138	139	145	252	241	247	43	43	46
I7 Maquinaria y equipo mecánico	142	147	143	240	241	247	187	198	262
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	135	139	143	276	280	301	888	671	763
I9 Material de Transporte	143	151	158	261	277	349	171	184	107
I10 Alimentación	24	27	28	17	23	24	8	10	14
I11 Textil, Vestido y Calzado	47	61	43	73	97	67	12	18	22
I12 papel y derivados y Artes Gráficas	44	50	45	43	64	49	14	16	36
I13 Caucho y Plástico	115	124	145	222	233	297	24	23	33
I14 Industria de la Madera y el corcho	42	50	45	35	45	40	19	29	22
I15 Otras Manufacturas	126	127	73	286	267	109	68	105	36
C1 Construcción	127	89	133	83	91	56	213	152	109
T1 Terciario	100	108	94	55	54	54	143	101	109
A1 Administración Pública	101	99	99	119	140	133	215	263	269
TOTAL	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
SECTOR INDUSTRIAL	*102*	*101*	*99*	*127*	*140*	*144*	*70*	*87*	*91*
MANURACTURAS (excepto primera transformación de minerales)	79	89	94	129	146	154	94	103	93

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

Por otro lado, hay determinados sectores que se caracterizan por tener elevados valores en los índices globales, pero que presentan reducidos valores en los índices medios y altos. Se trata de sectores que tienen por tanto una gran capacidad para incorporar y difundir tecnologías de baja intensidad a través de los inputs intermedios, aunque no de los de alta intensidad. Entre estos sectores nos encontramos las industrias extractivas y de primera transformación de los minerales, si bien la primera

Universidad de Huelva 2009

transformación de los metales presenta cierta capacidad de difusión también de los inputs de mediana intensidad tecnológica. Además, se trata de sectores que, al final del período han incrementado los valores de sus índices, es decir, su capacidad de incorporar y difundir tecnología a través de los inputs intermedios. Por otro lado, de nuevo nos encontramos unas capacidades semejantes de estos sectores en el conjunto de la economía Española, aunque en este caso la tendencia es a reducir los índices y por tanto la capacidad de incorporación y difusión de tecnología a lo largo del período.

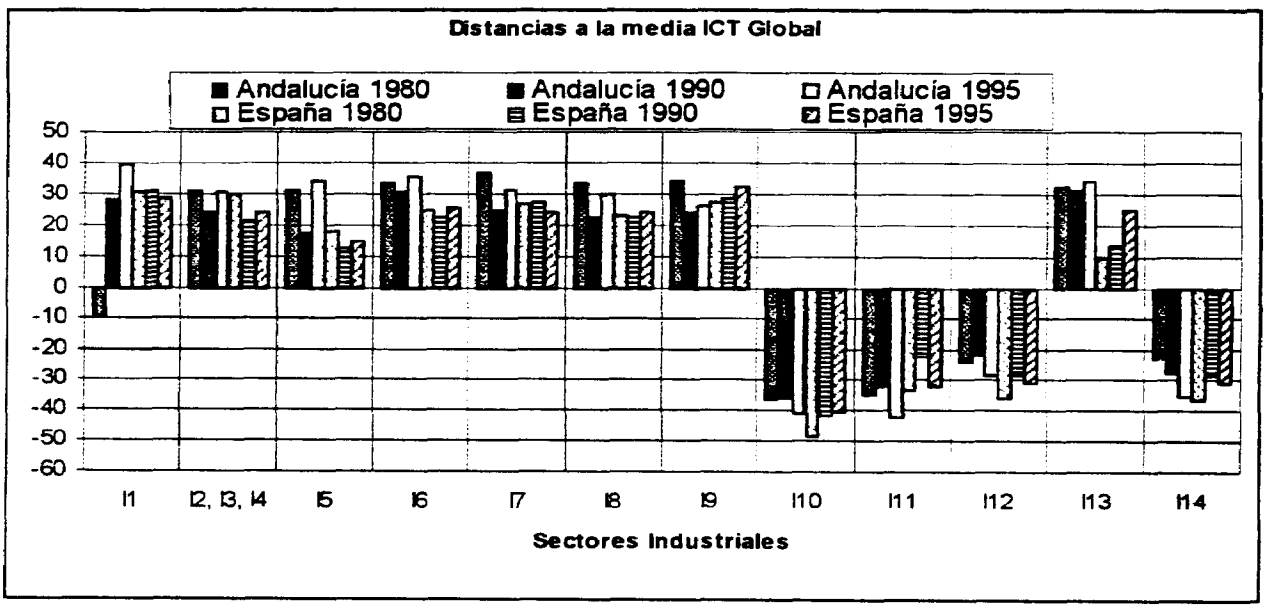
Los sectores de Química y Caucho y Plástico se caracterizan por tener niveles muy altos de los índices global y medio, junto con valores muy reducidos del índice alto. Se trata por tanto de sectores con una gran capacidad para incorporar y difundir tecnologías incorporadas en los inputs intermedios de mediana y alta intensidad, aunque no de alta. Estos sectores experimentaron una reducción de su capacidad de incorporación y difusión en la década de 1980, que se refleja en una disminución de los valores de los índices de 1980 a 1990, para posteriormente recuperarse hasta 1995, de forma que el resultado final es un incremento de los valores de los índices. Una vez más, el comportamiento en la economía Española es semejante aunque con niveles relativamente más bajos, a excepción del índice alto en química.

Por último, los sectores de Maquinaria y equipo mecánico, Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico, óptico y de precisión y Material de transporte, presentan valores elevados en todos los índices. Ello demuestra su gran capacidad para incorporar y difundir tecnología de todo

Universidad de Huelva 2009

tipo a través de los inputs intermedios. Además, a lo largo de todo el período se ha incrementado el componente alto y el mediano en la tecnología incorporada por estos sectores. En especial el sector de Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico, óptico y de precisión tiene los niveles más altos en todos los índices. Al final del período, más de la mitad de sus inputs intermedios proceden de sectores de alta intensidad tecnológica y otra cuarta parte de sectores de mediana intensidad, mientras que sólo un quince por ciento son inputs procedentes de sectores no potencialmente innovadores. También en este caso, el comportamiento en el resto de España de estos sectores es equivalente, si bien con niveles más reducidos de los diferentes índices de contenido tecnológico, en especial de este último sector.

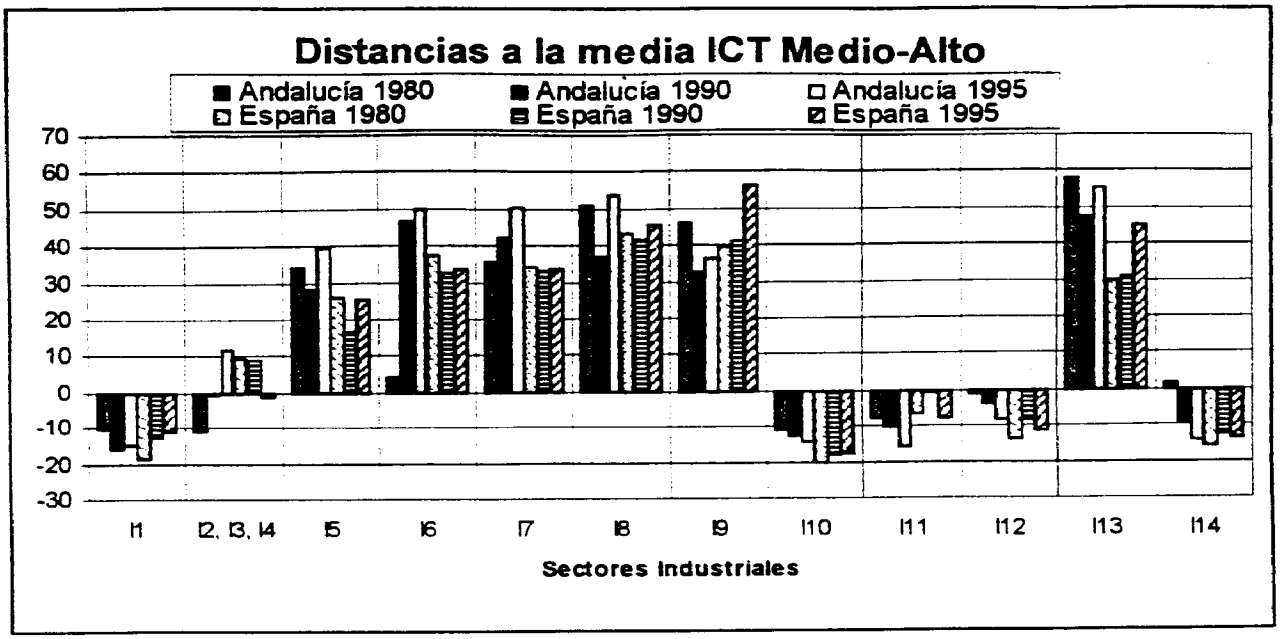
FIGURA 5.9. EVOLUCIÓN DE LAS DISTANCIAS RESPECTO A LA MEDIA DEL ICT GLOBAL DE LOS SECTORES INDUSTRIALES.



Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

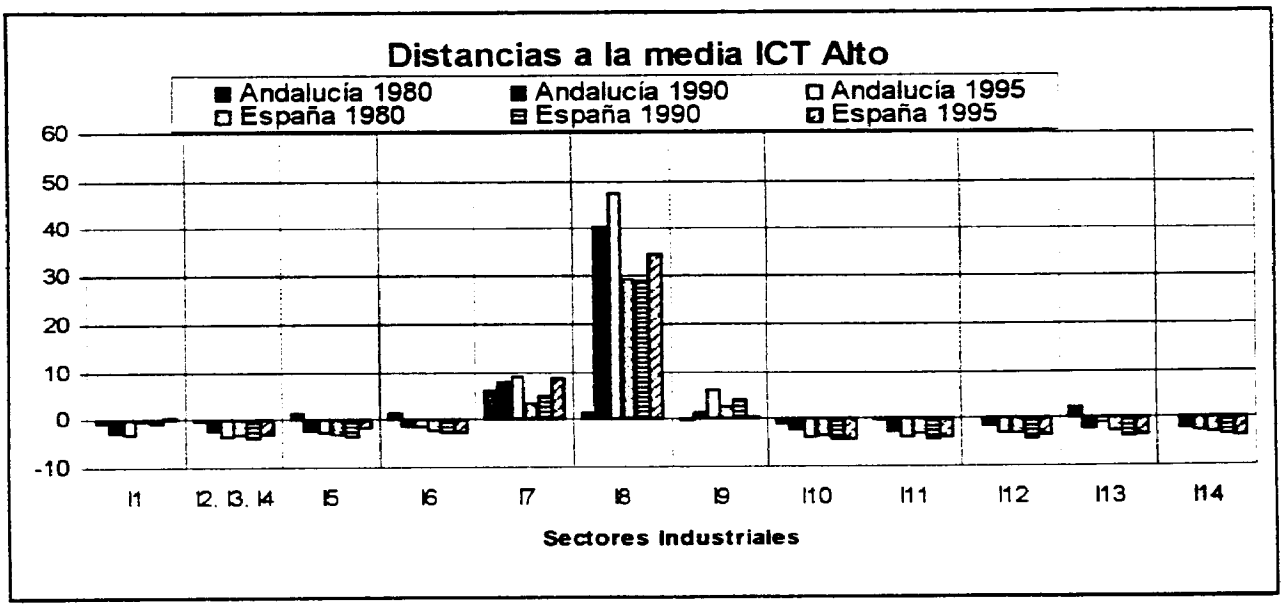
Universidad de Huelva 2009

FIGURA 5.10. EVOLUCIÓN DE LAS DISTANCIAS RESPECTO A LA MEDIA DEL ICT MEDIO-ALTO DE LOS SECTORES INDUSTRIALES.



Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

FIGURA 5.11. EVOLUCIÓN DE LAS DISTANCIAS RESPECTO A LA MEDIA DEL ICT ALTO DE LOS SECTORES INDUSTRIALES.



Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

Las Figuras 5.9, 5.10 y 5.11 resumen el comportamiento de los industriales respecto a la media respectiva, andaluza o española, de los ICT

Universidad de Huelva 2009

Global, Medio–Alto y Alto. En ellas destaca en primer lugar un comportamiento bastante homogéneo en cuanto al signo de las desviaciones respecto a la media en Andalucía y el conjunto de España, si bien hay diferencias en cuanto a la magnitud. Por otro lado, los sectores I10 (Alimentación, bebidas y tabaco), I11 (Textil, vestido y calzado), I12 (Papel y derivados y artes gráficas) e I14 (Madera y corcho) son los que tiene un comportamiento más negativo en todos los niveles de ICT calculados. El sector I13 (Caucho y plástico) tiene un comportamiento especialmente positivo al considerar los inputs de mediana intensidad tecnológica, aunque presenta niveles por debajo de la media si nos ceñimos a los inputs de lata intensidad. Frente a ellos, el sector I8 (Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico, óptico y de precisión) es el que tiene un comportamiento claramente positivo y con mayores diferencias respecto a la media. Este sector es además el único que presenta niveles claramente superiores a la media en el ICT Alto. Precisamente en este indicador todos los sectores industriales presentan niveles por debajo de la media, a excepción del ya mencionado I8 junto con los sectores I7 (Maquinaria y equipo mecánico) e I9 (Material de transporte), aunque en estos dos últimos casos de forma mucho más tenue.

De cuanto acabamos de ver, no podemos concluir que el retraso y la menor capacidad de difusión encontrada en las manufacturas andaluzas se deban a un comportamiento radicalmente distinto de los sectores tecnológicamente más activos, respecto del que dichos sectores han tenido en el conjunto de España. Más bien al contrario, acabamos de comprobar que estos sectores han tenido un comportamiento equivalente en Andalucía

Universidad de Huelva 2009

y, si cabe, proporcionalmente más activo en cuanto a la incorporación de tecnología a través de los inputs intermedios.

En tal caso, parece que debemos buscar explicaciones al mencionado retraso y la menor capacidad de difusión en otras causas. Quizás una de ellas sea la composición de la estructura productiva en Andalucía y de la industria en particular. Nos referimos al reducido peso de la industria en la economía andaluza, en beneficio fundamentalmente del sector servicios y en menor medida del primario. Y dentro de la industria, al reducido peso de los sectores tecnológicamente más activos a favor de los que hemos señalado como de mayor debilidad en la incorporación y capacidad de difusión de tecnología a través de los inputs intermedios[26]. Esta estructura es compatible con el hecho, reflejado en la Tabla de Principales Resultados de la Encuesta Sobre Innovación en las Empresas (Resultados para Andalucía)[27], en la que una gran proporción de empresas reconocen no utilizar, ni tener previsto hacerlo, determinadas tecnologías de la producción por no considerarlas aplicables a su proceso productivo.

[26] De acuerdo con la Contabilidad Regional de Andalucía, facilitada por el Instituto de Estadística de Andalucía en http://www.iea.junta-andalucia.es, en 1995 la industria andaluza representa el 16,4% del VAB andaluz y el sector Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico representa el 3,3% del VAB industrial (el 0,5% del VAB andaluz) y los tres sectores tecnológicamente más activos representan el 12,6% del VAB industrial, el 2,1% del VAB total. Por el contrario, el sector Alimentación, bebidas y tabaco representa el 29,3% del VAB industrial, el 4,8% del VAB total y los cuatro sectores más débiles tecnológicamente representan el 41% del VAB industrial, el 6,8% del VAB total.

[27] IEA (2001), pp. 27–28.

Universidad de Huelva 2009

5.2.2. Los requerimientos de inputs intermedios.

Hasta ahora nos hemos centrado en la capacidad que tienen los distintos sectores productivos para difundir tecnología al conjunto de la economía a través de su output. Dicha capacidad se incrementa en la medida en que incorporen en su proceso productivo inputs intermedios con un fuerte componente tecnológico. Sin embargo, la capacidad efectiva para difundir tecnología de un determinado sector va a acabar dependiendo del grado en que la producción de dicho sector sea requerida, directa o indirectamente, para satisfacer la demanda final de la economía. Por mucha intensidad tecnológica de los inputs y del output de un sector, sus efectos difusores serán muy reducidos si su producción no es apenas requerida para generar la demanda de la economía.

Parece por tanto que debemos completar el análisis anterior para ver hasta qué punto la economía ha requerido con mayor intensidad inputs intermedios procedentes de unos u otros sectores productivos. Es decir, qué sectores son los que han jugado un mayor papel en la difusión de la tecnología incorporada en sus inputs intermedios, no por la intensidad con la que incorporan tecnología (capacidad de difusión) sino por la intensidad con la que efectivamente han sido requeridos para satisfacer la demanda realizada por la economía.

Como ya hemos señalado en el capítulo 3, los cambios en los requerimientos de inputs intermedios pueden deberse bien a cambios en la estructura técnica del sistema productivo o bien a cambios en la estructura y volumen de la demanda final. En el estudio que hacemos a continuación diferenciaremos el componente tecnológico del inducido por la demanda

Universidad de Huelva 2009

final a la hora de estudiar como ha evolucionado el nivel de requerimientos totales y por sectores de inputs intermedios.

a) Evolución en el conjunto de la economía.

A continuación estudiamos, a la luz de los datos recogidos en la Tabla 5.25, la composición sectorial de los requerimientos de inputs intermedios, su evolución a lo largo del período y los componentes tecnológico y de demanda final en dicha evolución. En ella vemos, de una parte, la evolución de la composición porcentual por sectores de dichos requerimientos. Esto nos permite ver si han ganado peso los sectores de mayor intensidad tecnológica o si por el contrario lo han hecho otros tecnológicamente más débiles. De otro lado, encontramos la tasa de variación porcentual en cada período de las componentes tecnológica y de demanda final de los requerimientos que el conjunto de la economía necesita de cada sector productivo para satisfacer la demanda final.

Si nos fijamos en primer lugar en la evolución del total de los requerimientos de inputs intermedios, nos encontramos un período inicial de estancamiento (sólo crecen un 2% de 1975 a 1980), una etapa intermedia de fuerte crecimiento del 88,6% hasta 1990 y un último quinquenio de crecimiento más moderado del 26% hasta 1995. Sin embargo, si atendemos a la evolución de los distintos componentes, comprobamos cómo hasta 1990 el crecimiento en los niveles de requerimientos de inputs intermedios es debido al efecto de la demanda final; el cambio técnico tiende por el contrario a reducir dichos requerimientos, es decir, a dificultar la difusión de las mejoras tecnológicas

Universidad de Huelva 2009

incorporadas en los inputs intermedios. Esta tendencia cambia de 1990 a 1995, como se deduce del hecho que tanto el cambio técnico como la demanda final tiendan a incrementar los requerimientos y el efecto del cambio técnico (21,7%) sea más de cuatro veces el 4,8% de la demanda final.

TABLA 5.25. EVOLUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE INPUTS INTERMEDIOS EN LA ECONOMÍA ANDALUZA (1975–1995).

VARIACIÓN REQUERIMIENTOS Total Andalucía	ESTRUCTURA PORCENTUAL (Ptas. de 1990)				VARIACIONES DE 1975 A 1980			VARIACIONES DE 1980 A 1990			VARIACIONES DE 1990 A 1995		
	1975	1980	1990	1995	TOTAL	TECN	DF	TOTAL	TECN	DF	TOTAL	TECN	DF
P1 Primario	17.8%	13.9%	10.0%	8.6%	-22.0%	-145.3%	123.3%	35.2%	-20.6%	55.8%	9.4%	15.4%	-5.9%
I1 Agua, Gas y Electricidad	3,1%	5.3%	5.2%	5.6%	70.8%	-62.6%	133.4%	86.9%	47.5%	39.4%	35.7%	34.6%	1.0%
I2 Extractivas y Refino de Petróleo	7.4%	19.6%	10.5%	10.3%	165.1%	51.8%	113.3%	0.3%	-189.6%	189.9%	24.3%	37.1%	-12.7%
I3 Producción y 1ª Transf. Metales	6.3%	1.6%	4.1%	4.8%	-75.1%	-164.6%	89.6%	393.1%	266.8%	126.4%	47.0%	15.3%	31.7%
I4 Producción y Transf. Minerales no metálicos	2.9%	3.7%	3.1%	3.1%	27.9%	-112.6%	140.5%	61.3%	-22.9%	84.2%	25.1%	8.1%	17.0%
I5 Química	7.3%	4.7%	4.8%	5.8%	-36.1%	-140.8%	104.6%	90.8%	-31.7%	122.4%	54.3%	60.8%	-6.4%
I6 Productos Metálicos*	1.9%	5.6%	1.9%	2.1%	199.1%	130.6%	68.5%	-34.6%	-107.3%	72.6%	36.2%	28.6%	7.6%
I7 Maquinaria y equipo mecánico	2.5%	4.8%	1.4%	2.1%	210.7%	158.2%	52.5%	-44.1%	-120.9%	76.8%	87.0%	58.5%	28.4%
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico.		1,0%	1.8%	4.7%				242.6%	112.7%	129.9%	230.1%	174.8%	55.3%
I9 Material de Transporte		2.1%	3.6%	1.0%				221.8%	138.8%	83.0%	-66.2%	-79.5%	13.3%
I10 Alimentación	8.1%	6.2%	6.1%	6.1%	-23.3%	-151.4%	128.0%	86.3%	26.9%	59.5%	26.0%	19.0%	7.1%
I11 Textil, Vestido y Calzado	2.9%	2.7%	2.2%	2.9%	-4.5%	-131.6%	127.0%	54.0%	-13.2%	67.2%	65.9%	85.0%	-19.1%
I12 papel y derivados y Artes Gráficas	2.3%	2.1%	1.7%	2.3%	-8.7%	-147.5%	138.8%	53.1%	3.6%	49.5%	69.4%	74.1%	-4.7%
I13 Caucho y Plástico	ND	1.4%	1.6%	1.7%	ND	ND	ND	112.4%	47.1%	65.3%	35.1%	25.6%	9.5%
I14 Industria de la Madera y el corcho	1.6%	1.1%	1.0%	1.1%	-32.1%	-136.7%	104.6%	68.8%	-36.0%	104.8%	48.9%	84.9%	-36.1%
I15 Otras Manufacturas	0.4%	0.1%	0.4%	0.3%	251.7%	164.5%	87.2%	523.4%	342.7%	180.7%	-4.9%	-35.7%	30.8%
C1 Construcción	1.0%	0.9%	1.4%	4.0%	-9.4%	-143.1%	133.7%	180.9%	124.7%	56.2%	263.1%	249.1%	14.0%
T1 Terciario	29.4%	21.6%	38.5%	27.3%	-26.7%	-155.8%	129.1%	236.3%	157.5%	78.8%	-10.3%	-18.1%	7.8%
Telecomunicaciones e informática	*ND*	*0.3%*	*0.6%*	*6.2%*	*ND*	*ND*	*ND*	313.4%	232.6%	80.8%	1159.5%	1139.9%	19.6%
TOTALES	100%	100%	100%	100%	2.1%	-114.5%	116.7%	88.6%	-7.5%	96.1%	26.5%	21.7%	4.8%

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Pero si nos fijamos en los requerimientos de inputs intermedios dirigidos a cada sector productivo, encontramos una evolución mucho más heterogénea. Observamos en primer lugar una reducción de la participación del sector primario en los requerimientos de inputs intermedios. Esta

Universidad de Huelva 2009

reducción se debe a una evolución muy negativa del componente tecnológico hasta 1990 y de la demanda final de 1990 a 1995.

El sector de la construcción reduce muy levemente su participación en los inputs intermedios requeridos para satisfacer la demanda final de 1975 a 1980 debido a los efectos muy negativos del cambio tecnológico, que no puede compensar la demanda final, a pesar de un fuerte comportamiento positivo. Sin embargo, su participación se incrementa considerablemente de 1980 a 1990 y con mayor intensidad de 1990 a 1995. En ambos casos el responsable fundamental es el cambio técnico, ayudado en menor medida por la demanda final.

El sector terciario presenta una evolución oscilante. Primero experimenta una reducción en los requerimientos de inputs intermedios a él dirigidos como consecuencia del cambio técnico de 1975 a 1980. A continuación experimenta una muy fuerte subida de los requerimientos de inputs intermedios de 1980 a 1990 debida tanto a la demanda final como, con especial intensidad, al cambio tecnológico. Por último, sufre una reducción en los requerimientos de inputs intermedios de 1990 a 1995, debida en esta ocasión también al cambio técnico.

Dentro del sector servicios, la participación de Telecomunicaciones y de Informática se duplica de 1980 a 1990 y se multiplica por diez de 1990 a 1995. En ambos casos es el cambio técnico el responsable de dicho incremento, siendo casi despreciable el efecto relativo de la demanda final en la evolución de 1990 a 1995.

Universidad de Huelva 2009

Por otro lado, el sector energético de Agua, Gas y Electricidad gana peso de forma continuada en el total de requerimientos de inputs intermedios. El aumento de participación más importante se da entre 1975 (3,1%) y 1980 (5,3%) y se debe al efecto de la demanda final que consigue incluso compensar una importante penalización de los requerimientos de este sector como resultado del cambio tecnológico. Hasta 1990 se produce un estancamiento como resultado de una evolución positiva pero débil de la demanda final, compensada por un comportamiento positivo del cambio tecnológico. En el último período se produce un leve incremento de la participación hasta el 5,6%, efecto exclusivo del cambio tecnológico.

En general, podemos afirmar que las manufacturas, cuando han variado su participación en los requerimientos de inputs intermedios lo han hecho por efecto del cambio técnico. El papel de la demanda final se ha limitado a amortiguar el efecto negativo de la tecnología o bien a acompañar modestamente sus efectos positivos. No obstante, los comportamientos de cada sector son muy heterogéneos.

Hay sectores que ganan participación en los requerimientos de inputs intermedios inicialmente para perderla a partir de 1980. Este es el caso de las Extractivas y refino de petróleo, cuya participación se multiplica por más de 2,5 de 1975 a 1980 (del 7,4% al 19,6%) para reducirse a poco más de la mitad de este valor (el 10,5%) en 1990 y estancarse en este valor. El crecimiento inicial se debe fundamentalmente al tirón de la demanda final y en menor medida al cambio técnico, que es uno de los pocos sectores para los que presenta una evolución positiva en este período. La pérdida de peso posterior se debe exclusivamente a una evolución negativa de los

Universidad de Huelva 2009

requerimientos debida al cambio técnico, que es compensada por la demanda final. No obstante, al incrementarse los requerimientos totales, su participación en los mismos disminuye.

Una evolución parecida, en cuanto a la participación en los requerimientos, experimenta el sector de Fabricación de productos metálicos. Se incrementa del 1,9% en 1975 al 5,6% en 1980 (casi se triplica) para caer de nuevo al 1,9% en 1990. Sin embargo, los factores que han determinado esta evolución son bien distintos. En primer lugar, el crecimiento inicial se debe, fundamentalmente, al cambio técnico, pues es uno de los cuatro únicos sectores en que se incrementan los requerimientos por este componente; la demanda final no hace sino ayudar a esta evolución positiva de forma modesta, pues su efecto, aun siendo positivo, es muy inferior al efecto medio sobre el conjunto de los sectores productivos. La evolución negativa en la segunda etapa se debe también al cambio técnico, que en este caso sólo puede ser compensada parcialmente con el efecto positivo de la demanda final. En el último quinquenio se produce una tenue recuperación hasta el 2,1%, como resultado de una evolución del cambio técnico y de la demanda final ligeramente más favorables que la media. También el sector de Maquinaria y equipo mecánico experimenta esta evolución cíclica, que se explica por los mismos factores, si bien la evolución favorable del último período es algo más intensa.

Este mismo tipo de evolución es la que experimenta también el sector de Material de transporte. El incremento inicial de su participación se extiende hasta 1990 en que alcanza el 3,6%, como resultado de una

Universidad de Huelva 2009

evolución favorable del cambio técnico, acompañada por una débil aunque positiva evolución de la demanda final. Sin embargo, de 1990 a 1995 se produce la reducción más brusca en la participación en los requerimientos que se reduce hasta casi la cuarta parte para alcanzar sólo el 1%. El responsable de esta reducción es el cambio técnico, que trunca un crecimiento en los requerimientos debidos a la demanda final considerablemente superior a la media.

Hay otro grupo de sectores que experimentan una reducción inicial de su participación en los requerimientos de inputs intermedios para posteriormente recuperarse, aunque sin llegar a alcanzar los niveles de participación de 1975. Se trata de la Producción y primera transformación de los metales y de la Química. La primera transformación sufre una fuerte caída en su participación del 6,3% de 1975 al 1,6% de 1980 como consecuencia de una drástica reducción en los requerimientos de inputs intermedios debida a los efectos del cambio técnico (se trata de la evolución más negativa por este factor), que una evolución positiva de la demanda final, ligeramente inferior a la media, no puede compensar. A continuación se invierte la tendencia y es el cambio técnico el que propicia una fuerte recuperación hasta el 4,1% en 1990, acompañado por una evolución igualmente muy favorable de la demanda final. En el último período se suaviza la tendencia a la recuperación para acabar situándose en el 4,8% de 1995, en esta ocasión con protagonismo principal de la demanda final, acompañada por una evolución positiva aunque inferior a la media del cambio técnico.

Universidad de Huelva 2009

En el caso de la química, la reducción inicial en la participación del 7,3% de 1975 al 4,7% de 1980 es más suave debido, tanto a una evolución ligeramente menos desfavorable de los efectos del cambio técnico, como a un efecto algo mejor de la demanda final. A continuación se produce un estancamiento hasta el 4,8% de 1990 debido a que, a pesar de una evolución muy favorable de la demanda final, el cambio técnico sigue reduciendo los requerimientos intermedios procedentes de este sector. La recuperación se produce en el último período hasta situarse en el 5,8% en 1995, como resultado de una evolución bastante favorable del cambio técnico, que es capaz de compensar incluso los efectos desfavorables de los cambios en la demanda final.

Las industrias de Alimentación, bebidas y tabaco también experimentan una reducción en su participación en los requerimientos de inputs intermedios necesarios para satisfacer el conjunto de la demanda final en el período de 1975 a 1980, para a continuación mantenerse estables en los niveles de 1980. En la reducción inicial del 8,1% al 6,2% encontramos como causante la evolución muy desfavorable del cambio técnico, que no puede ser compensada por la evolución positiva y por encima de la media de la demanda final. A continuación ha experimentado una evolución total en los requerimientos equivalente a la media, lo que ha estabilizado su participación. Tanto el cambio técnico como la demanda final han tenido un efecto positivo que, conjuntamente se ha situado en los niveles medios. De 1980 a 1990 fue más favorable la tecnología que la demanda final, para invertirse la relación de 1990 a 1995.

Universidad de Huelva 2009

Pero el sector que ha experimentado una evolución claramente más favorable ha sido el de Maquinaria, equipo y material eléctrico, electrónico, óptico y de precisión, precisamente el de mayor intensidad tecnológica. Su participación pasa del 1% de 1980 al 1,8% de 1990 y el 4,7% de 1995. Por otro lado, y en cuanto a los determinantes de dicha mejora cabe señalar el papel fundamental del cambio técnico. Se trata del único sector, junto con las telecomunicaciones e informática, que ha experimentado aumentos en los requerimientos de inputs intermedios a lo largo de todo el período estudiado como resultado del cambio técnico. Además, también la demanda final ha generado mayores requerimientos de este sector.

Sin embargo, a pesar de este incremento sigue estando muy por debajo del 6,2% de participación de los sectores de Telecomunicaciones e informática, igualmente de alta intensidad tecnológica. Igualmente se encuentra por debajo de la participación de sectores de escasa intensidad tecnológica como el Primario (8,6%) y Alimentación (6,1%) y de baja o mediana intensidad como Agua, Gas y electricidad (5,6%), Extractivas y refino de petróleo (10,3%), Producción y primera transformación de los metales (4,8%), Química (5,8%) y los Servicios, que excluido el 6,2% de las Telecomunicaciones e informática, representan el 21,1%.

Esto significa que el papel jugado por el sector de Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico en la difusión de la tecnología ha sido modesto y sigue siéndolo a pesar de haber experimentado una importante mejora en el período estudiado, especialmente en el último quinquenio.

Universidad de Huelva 2009

Pero atendamos ahora a un indicador equivalente al Índice de Contenido Tecnológico para los requerimientos de inputs intermedios mediante la suma de la participación porcentual en los requerimientos de inputs intermedios de los sectores que podemos considerar de mediana y de alta intensidad tecnológica, tal y como recoge la Tabla 5.26. En tal caso, vemos que se incrementa desde el 16% de 1980 al 18,3% de 1990 y el 26,6% de 1995, mientras que si sólo consideramos los requerimientos de los sectores de alta intensidad tecnológica los valores son 1,3%, 2,4% y 10,9%, respectivamente.

TABLA 5.26. CONTENIDO TECNOLÓGICO DE LOS REQUERIMIENTOS DE INPUTS INTERMEDIOS (RII) DEL CONJUNTO DE LA ECONOMÍA EN ANDALUCÍA: 1975–1995.

Participación porcentual de los RII de los sectores de mediana y alta intensidad tecnológica en el total de RII	**1975**	**1980**	**1990**	**1995**
SECTORES DE MEDIANA Y/O ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	16.5	16.0	18.3	26.6
SECTORES DE ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	ND	1.3	2.4	10.9
Variaciones en puntos porcentuales	**1975–1980**	**1980–1990**	**1990–1995**	
SECTORES DE MEDIANA Y/O ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	– 0.5	2.3	6.6	
SECTORES DE ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	ND	1.1	8.5	

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Como podemos comprobar, se ha incrementado el papel jugado por los sectores de mediana y alta intensidad tecnológica en la difusión de tecnología a través de los inputs intermedios por cuanto se ha incrementado su participación en los requerimientos de inputs intermedios. Este incremento ha sido especialmente intenso de 1990 a 1995, en que se ha incrementado en 8,3 puntos; 8,5 si sólo consideramos los sectores de alta intensidad tecnológica. De ellos, 5,6 se deben a las Telecomunicaciones e informática y los otros 2,9 a la Maquinaria, equipo y material eléctrico,

Universidad de Huelva 2009

electrónico y óptico, como queda de manifiesto al comparar los datos de las Tablas 5.25 y 5.26.

No obstante, más de la mitad de los requerimientos de inputs intermedios proceden de sectores de escasa o nula intensidad tecnológica, es decir, de sectores que no son potencialmente innovadores. La difusión de la tecnología incorporada en los inputs intermedios queda por tanto fundamentalmente en manos de los sectores tecnológicamente más débiles a pesar de los esfuerzos realizados por los sectores de mayor intensidad tecnológica. Esto justifica la evolución poco favorable de los niveles globales de contenido tecnológico a pesar de encontrarnos con importantes esfuerzos y cambios muy favorables en los indicadores correspondientes a los sectores tecnológicamente más avanzados.

b) Los requerimientos de inputs intermedios de la industria.

En el apartado anterior hemos estudiado la evolución de los requerimientos de inputs intermedios procedentes de cada sector productivo, necesarios para satisfacer la demanda final por el conjunto del sistema productivo. A continuación nos vamos a centrar en los requerimientos de inputs intermedios necesarios por parte de los sectores industriales para satisfacer dicha demanda final, cuya evolución se recoge en la Tabla 5.27.

Si atendemos a la evolución del conjunto de los requerimientos de inputs intermedios, encontramos ciertas diferencias respecto a lo que ocurre en el conjunto de la economía. En primer lugar, encontramos una reducción del 12,3% en los requerimientos de 1975 a 1980 frente a un crecimiento del

Universidad de Huelva 2009

2,1% en el conjunto del sistema productivo. En ambos casos, el componente debido al cambio técnico ha provocado una evolución desfavorable en los requerimientos de inputs intermedios (RII) de un 114% aproximadamente; las diferencias surgen debido a la evolución de la demanda final. Pese a inducir un aumento en los RII, que para el conjunto del sistema supone un aumento de más del 116% y es suficiente para compensar los efectos desfavorables del cambio tecnológico, para los sectores industriales se queda en poco más del 101%, insuficiente para contrarrestar el descenso debido al cambio tecnológico.

TABLA 5.27. EVOLUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE INPUTS INTERMEDIOS EN LA INDUSTRIA ANDALUZA (1975–1995).

VARIACIÓN REQUERIMIENTOS Industria en Andalucía	ESTRUCTURA PORCENTUAL (Ptas. de 1990)				VARIACIONES DE 1975 A 1980			VARIACIONES DE 1980 A 1990			VARIACIONES DE 1990 A 1995		
	1975	1980	1990	1995	TOTAL	TECN	DF	TOTAL	TECN	DF	TOTAL	TECN	DF
P1 Primario	22,8%	20,3%	14,8%	16,0%	-25,6%	-144,4%	118,8%	22,9%	-31,9%	54,8%	21,0%	32,8%	-11,8%
I1 Agua, Gas y Electricidad	2,3%	4,6%	5,8%	5,5%	63,5%	-42,6%	106,1%	113,3%	70,0%	43,4%	5,8%	32,1%	-26,3%
I2 Extractivas y Refino de Petróleo	8,9%	15,3%	12,2%	9,8%	42,9%	-59,2%	102,1%	35,1%	-280,2%	315,3%	-11,0%	28,6%	-39,6%
I3 Producción y 1ª Transf. Metales	7,7%	1,8%	6,3%	9,4%	-80,5%	-178,6%	98,1%	489,5%	350,7%	138,8%	66,5%	33,2%	33,3%
I4 Producción y Transf. Minerales no metálicos	0,8%	1,8%	1,1%	1,2%	75,0%	-98,6%	173,6%	3,0%	-7,8%	10,8%	24,6%	20,5%	4,1%
I5 Química	6,9%	5,5%	5,9%	7,9%	-34,1%	-123,1%	89,0%	81,5%	-51,2%	132,8%	48,6%	52,9%	-4,3%
I6 Productos Metálicos	2,4%	8,0%	2,1%	1,6%	171,6%	93,7%	77,8%	-56,2%	-113,3%	57,2%	-16,1%	-13,1%	-3,0%
I7 Maquinaria y equipo mecánico	3,5%	6,3%	1,5%	3,1%	112,8%	35,5%	77,3%	-59,7%	-130,8%	71,1%	130,4%	97,7%	32,7%
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y		1,2%	1,9%	5,7%				171,2%	36,8%	134,3%	225,2%	137,4%	87,8%
I9 Material de Transporte		1,5%	3,8%	1,3%				314,9%	235,0%	79,9%	-61,4%	-38,4%	-23,0%
I10 Alimentación	9,2%	6,4%	5,5%	7,9%	-42,1%	-161,0%	118,9%	43,7%	-2,3%	46,1%	60,6%	74,1%	-13,5%
I11 Textil, Vestido y Calzado	3,9%	4,4%	4,0%	6,1%	-5,9%	-128,4%	122,5%	54,0%	-12,0%	66,0%	67,7%	91,8%	-24,1%
I12 papel y derivados y Artes Gráficas	2,0%	2,3%	2,0%	2,7%	-5,5%	-117,4%	111,9%	45,1%	2,2%	42,9%	54,2%	68,3%	-14,1%
I13 Caucho y Plástico	ND	1,6%	1,7%	2,7%	ND	ND	ND	81,1%	14,9%	66,2%	75,9%	77,5%	-1,6%
I14 Industria de la Madera y el corcho	1,5%	1,1%	1,2%	1,5%	-36,1%	-115,0%	78,9%	79,8%	-9,3%	89,1%	38,6%	99,2%	-60,5%
I15 Otras Manufacturas	0,5%	0,1%	0,4%	0,4%	183,4%	92,5%	90,9%	1180,8%	1000,6%	180,2%	10,3%	-0,5%	10,8%
C1 Construcción	0,6%	0,3%	1,0%	0,5%	-50,8%	-147,4%	96,6%	422,3%	365,7%	56,7%	-42,1%	-34,5%	-7,5%
T1 Terciario	22,2%	17,1%	28,6%	16,5%	-35,6%	-136,8%	101,2%	181,1%	114,3%	66,8%	-35,7%	-19,2%	-16,4%
Telecomunicaciones e informática	*ND*	*0,1%*	*0,3%*	*0,2%*	*ND*	*ND*	*ND*	620,3%	558,3%	62,0%	-8,4%	0,0%	-8,4%
TOTALES	100%	100%	100%	100%	-12,3%	-113,8%	101,5%	68,7%	-35,4%	104,1%	11,3%	23,8%	-12,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

De 1980 a 1990 los requerimientos se incrementan en ambos casos, pero en menor proporción en la industria. Ello se debe a una reducción en

Universidad de Huelva 2009

los requerimientos como consecuencia del cambio técnico que es casi cinco veces superior en la industria, pero que es compensada por la evolución favorable de la demanda final.

En el último período encontramos una evolución positiva de los requerimientos totales aunque de menor intensidad en la industria. En esta ocasión, las diferencias se deben a una evolución desfavorable de la demanda final, que reduce los efectos positivos del cambio técnico, ligeramente superiores a los del conjunto de la economía.

Por otro lado, si atendemos a la composición sectorial de los requerimientos de inputs intermedios, encontramos en la industria un peso superior de los sectores industriales y primario, en detrimento de la construcción y el sector terciario, incluidas las telecomunicaciones e informática.

Aunque, en general, la evolución de la participación de los sectores industriales ha seguido las pautas marcadas por el cambio técnico más que las de la demanda final, surgen algunas diferencias en cuanto a la evolución experimentada por los mismos sectores para los requerimientos del conjunto de la economía.

Así, la Producción y primera transformación de los metales sigue inicialmente una reducción en su participación debida a una caída de los requerimientos como efecto negativo del cambio técnico de 1975 a 1980, para recuperarse de 1980 a 1990 de nuevo como efecto esta vez positivo del cambio técnico sobre los requerimientos. Las diferencias surgen en el último período, en que la participación en los requerimientos de la industria

Universidad de Huelva 2009

se incrementa sustancialmente, mientras que en el conjunto de la economía la mejora es leve. Ello es debido a un efecto positivo del cambio técnico sobre los requerimientos de este sector que es de mucha mayor intensidad en la industria que en el resto de la economía.

Otra diferencia surge en los requerimientos de Productos metálicos. De nuevo la evolución es semejante en los primeros períodos. Un aumento en la participación de 1975 a 1980 debida a un aumento de los requerimientos como consecuencia del cambio técnico en un contexto de efectos negativos generalizados del cambio técnico sobre los requerimientos de inputs intermedios. A continuación, una fuerte reducción de 1980 a 1990 también como resultado de los efectos del cambio técnico que tiende a reducir los requerimientos de inputs procedentes de este sector. Las diferencias surgen en el último período en que en la industria continua la reducción en la participación como consecuencia de la disminución de los requerimientos debida al cambio técnico, mientras que en el resto del sistema productivo se recupera levemente la participación, fruto de una evolución algo más favorable que la media tanto del cambio técnico como de la demanda final.

También surgen diferencias a pesar de una evolución inicial semejante en los requerimientos de Alimentación, Bebidas y Tabaco. De 1975 a 1980 se produce una disminución de su participación en los requerimientos de inputs intermedios, tanto en la industria como en el conjunto del sistema productivo, debida en ambos casos a una evolución desfavorable de los requerimientos como efecto del cambio técnico que no puede ser compensada por la demanda final pese a tener una evolución favorable por

Universidad de Huelva 2009

encima de la media. Sin embargo, en la industria no se experimenta la estabilización de los niveles de participación que hemos encontrado en el apartado anterior para el conjunto de la economía. Se produce por el contrario una nueva reducción en la participación de 1980 a 1990 debida a una leve disminución de los requerimientos fruto del cambio técnico, para incrementarse considerablemente de 1990 a 1995 y superar incluso los niveles de 1980 debido a un fuerte incremento de los requerimientos, efecto del cambio técnico.

Pero la diferencia más llamativa la encontramos en la evolución de la participación de las Telecomunicaciones e informática. Destacamos en primer lugar los niveles mucho más bajos en la industria que en el resto del sistema productivo. Pero sobre todo, llama la atención la reducción en la participación experimentada de 1990 a 1995 mientras en el conjunto de la economía se multiplica por diez. Si nos fijamos en las causas, encontramos un efecto positivo sobre los requerimientos de inputs intermedios de este sector como resultado delo cambio técnico entre 1980 y 1990 de mayor intensidad que los correspondientes al conjunto de la economía, pero que no es suficiente para equiparar la participación relativa. Sin embargo, de 1990 a 1995, la demanda final juega un papel negativo al tiempo que el cambio técnico no tiene ningún efecto sobre los requerimientos de este sector. El resultado es una evolución conjunta negativa que reduce su participación en los requerimientos totales de la industria. Es justo en este período donde el cambio técnico en la industria no es capaz de seguir la estela del conjunto de la economía y se pierde el tren de la incorporación y difusión de las tecnologías de la telecomunicación y la informática.

Universidad de Huelva 2009

De entre los sectores que presentan una evolución relativamente semejante en la industria y en el conjunto de la economía, queremos detenernos en el de Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico, óptico y de precisión. Tanto en la industria como en el resto de sectores productivos ha experimentado un crecimiento en la participación en los requerimientos de inputs intermedios a lo largo de todo el período, y con mayor intensidad de 1990 a 1995. Ello se debe en ambos casos a que es el único sector en el que se incrementan los requerimientos de inputs intermedios, tanto por el cambio técnico como por la demanda final durante todo el período. Por otro lado, vemos como dicha participación es superior en la industria, en especial en 1995 en que se sitúa en el 5,7% frente al 4,7% del conjunto del sistema productivo. No obstante, esta participación más alta no impide que sea inferior a la que tienen sectores de menor intensidad tecnológica como el primario (16%), Extractivas y refino de petróleo (9,8%), Producción y primera transformación de metales (9,4%), Alimentación, (7,9%), Textil, vestido y Calzado (6,1%) Servicios excluidas las telecomunicaciones e informática (16,3%) y Química (7,9%).

TABLA 5.28. CONTENIDO TECNOLÓGICO DE LOS REQUERIMIENTOS DE INPUTS INTERMEDIOS (RII) DE LOS SECTORES INDUSTRIALES EN ANDALUCÍA: 1975–1995.

Participación porcentual de los RII de los sectores de mediana y alta intensidad tecnológica en el total de RII	**1975**	**1980**	**1990**	**1995**
SECTORES DE MEDIANA Y/O ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	18.6	18.1	21.8	30.7
SECTORES DE ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	ND	1.3	2.2	5.9
Variaciones en puntos porcentuales	**1975–1980**	**1980–1990**	**1990–1995**	
SECTORES DE MEDIANA Y/O ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	– 0.5	3.7	8.9	
SECTORES DE ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	ND	0.9	3.7	

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Universidad de Huelva 2009

Si nos fijamos en un indicador equivalente a los índices de contenido tecnológico, recogido en la Tabla 5.28 nos encontramos de nuevo con diferencias respecto a lo que ocurre en el conjunto del sistema productivo. Los niveles alcanzados por la industria al considerar los requerimientos de inputs procedentes de sectores exclusivamente de alta intensidad tecnológica (1,3% en 1980, 2,2% en 1990 y 5,9% en 1995) son semejantes en los primeros períodos a los del conjunto de la economía (1,3% y 2,4%, respectivamente) mientras que en el último son claramente inferiores al 10,9% del conjunto del sistema productivo. Como ya hemos señalado, estas diferencias se deben a la incapacidad de la industria para incorporar inputs de telecomunicaciones e informática al mismo ritmo que lo ha hecho el resto de la economía.

Por otro lado, si consideramos conjuntamente los requerimientos de inputs procedentes de sectores de mediana y alta intensidad tecnológica, encontramos la relación inversa. En la industria los niveles son del 18,6% en 1975, el 18,1% en 1980 el 21,8% en 1990 y el 30,7% en 1995, claramente superiores a los respectivos del conjunto de la economía (16,5%, 16%, 18,3% y 26,6%), en especial en 1995.

Es decir, también en la industria se ha incrementado el papel jugado por los sectores de mediana y alta intensidad tecnológica en la difusión de la tecnología a través de los inputs intermedios, en especial de 1990 a 1995. Sin embargo, en la industria ese incremento no se ha dirigido hacia las Telecomunicaciones e informática, cuyo papel sigue siendo residual. Por el contrario, el sector típicamente industrial de alta intensidad tecnológica (Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico, óptico y de precisión)

Universidad de Huelva 2009

juega en la industria un papel más intenso que en el resto del sistema productivo. Además, también ha sido mayor que en el resto del sistema productivo el papel jugado por los sectores de mediana intensidad tecnológica.

No obstante, el papel más importante en la difusión lo juegan sectores de escasa y baja intensidad tecnológica, que suponen casi la mitad de los requerimientos de bienes intermedios. Cabe destacar aquí que el papel de los sectores de escasa intensidad tecnológica, siendo también importante en la industria, lo es menos que en el conjunto de la economía, donde superan claramente la mitad de los requerimientos de inputs intermedios.

c) Las industrias manufactureras.

En este último apartado nos vamos a centrar en la evolución que han tenido los requerimientos de inputs intermedios realizados por las industrias manufactureras (excluidas la primera transformación de los minerales) para satisfacer el conjunto de la demanda final. En la Tabla 5.29 quedan recogidos los datos correspondientes.

Como podemos comprobar, existe una evolución muy semejante a la que hemos encontrado para el conjunto de la industria en el apartado anterior, si bien con algunas diferencias de grado. Así, por ejemplo, la evolución de los requerimientos totales de 1975 a 1980 es semejante, pero se ha alcanzado con un comportamiento ligeramente menos negativo del componente tecnológico y también ligeramente menos positivo de la demanda final. Esto mismo ocurre de 1980 a 1990, la evolución por los cambios tecnológicos es sensiblemente menos desfavorable, pero el efecto

Universidad de Huelva 2009

de la demanda final es mucho menos favorable que para el conjunto de la industria, por lo que el efecto total es positivo pero de considerable menor magnitud que en la industria. Por último, de 1990 a 1995 también se mantienen los signos de los efectos total, tecnológico y de demanda final. En este caso, el efecto tecnológico es ligeramente superior y acompañado de un efecto demanda final negativo (al igual que en la industria en su conjunto) pero de escasa magnitud, hacen que el efecto total en las manufacturas sea positivo y casi el doble del experimentado por el conjunto de la industria.

TABLA 5.28. EVOLUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE INPUTS INTERMEDIOS EN LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS ANDALUZAS (1975–1995).

VARIACIÓN REQUERIMIENTOS Manufacturas en Andalucía	ESTRUCTURA PORCENTUAL (Ptas. de 1990)				VARIACIONES DE 1975 A 1980			VARIACIONES DE 1980 A 1990			VARIACIONES DE 1990 A 1995		
	1975	1980	1990	1995	TOTAL	TECN	DF	TOTAL	TECN	DF	TOTAL	TECN	DF
P1 Primario	23,6%	21,2%	16,6%	16,6%	-25,7%	-144,6%	118,9%	22,6%	-32,1%	54,7%	21,8%	33,0%	-11,2%
I1 Agua, Gas y Electricidad	2,2%	3,7%	4,4%	5,4%	38,1%	-65,4%	103,5%	84,1%	60,4%	23,7%	51,7%	51,0%	0,7%
I2 Extractivas y Refino de Petróleo	7,8%	16,7%	8,2%	9,3%	78,0%	7,8%	70,2%	-24,5%	-127,1%	102,7%	38,4%	28,8%	9,5%
I3 Producción y 1ª Transf. Metales	6,8%	1,9%	5,7%	7,2%	-77,0%	-159,0%	82,1%	370,1%	252,9%	117,2%	54,9%	33,6%	21,3%
I4 Producción y Transf. Minerales no metálicos	0,7%	1,3%	1,0%	1,0%	47,0%	-51,1%	98,1%	15,2%	-5,2%	20,4%	31,0%	19,0%	11,9%
I5 Química	7,0%	5,8%	6,5%	8,3%	-31,7%	-118,9%	87,2%	74,2%	-44,8%	119,0%	55,9%	55,7%	0,2%
I6 Productos Metálicos	2,5%	6,1%	2,3%	1,6%	99,9%	12,2%	87,6%	-41,3%	-119,0%	77,7%	-15,1%	-14,7%	-0,5%
I7 Maquinaria y equipo mecánico	3,7%	6,5%	1,6%	3,1%	110,0%	28,7%	81,3%	-62,5%	-126,6%	64,2%	140,8%	98,0%	42,7%
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico		1,2%	2,2%	6,0%				182,6%	74,2%	108,4%	233,5%	139,4%	94,2%
I9 Material de Transporte		1,6%	4,3%	1,4%				312,8%	234,2%	78,6%	-60,6%	-39,2%	-21,5%
I10 Alimentación	9,7%	6,7%	6,1%	8,2%	-42,5%	-161,5%	119,0%	42,5%	-3,3%	45,8%	63,9%	75,5%	-11,6%
I11 Textil, Vestido y Calzado	4,1%	4,6%	4,6%	6,4%	-6,2%	-128,8%	122,7%	54,3%	-11,0%	65,2%	68,4%	92,0%	-23,6%
I12 papel y derivados y Artes Gráficas	2,1%	2,3%	2,2%	2,9%	-8,5%	-119,7%	111,2%	46,5%	3,7%	42,8%	60,8%	72,9%	-12,1%
I13 Caucho y Plástico	ND	1,6%	1,9%	2,9%	ND	ND	ND	81,4%	18,1%	63,3%	80,7%	78,7%	2,0%
I14 Industria de la Madera y el corcho	1,5%	1,2%	1,3%	1,5%	-36,6%	-122,0%	85,4%	81,0%	-7,1%	88,1%	38,1%	97,8%	-59,8%
I15 Otras Manufacturas	0,5%	0,1%	0,4%	0,4%	179,5%	83,8%	95,7%	1201,0%	1031,7%	169,3%	12,5%	-0,6%	13,1%
C1 Construcción	0,6%	0,3%	1,0%	0,6%	-48,7%	-145,1%	96,4%	341,9%	295,3%	46,6%	-29,9%	-41,3%	11,3%
T1 Terciario	22,1%	16,8%	29,3%	16,8%	-36,5%	-138,2%	101,7%	169,9%	111,5%	58,4%	-30,0%	-21,0%	-9,0%
Telecomunicaciones e informática	*ND*	*0,1%*	*0,3%*	*0,2%*	*ND*	*ND*	*ND*	626,2%	562,3%	63,9%	-2,5%	97,5%	-100,0%
TOTALES	100%	100%	100%	100%	-12,2%	-109,9%	97,8%	54,8%	-15,0%	69,9%	21,9%	25,4%	-3,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Universidad de Huelva 2009

Si nos fijamos en la participación relativa de los requerimientos de inputs intermedios procedentes de los diferentes sectores productivos, de nuevo encontramos una evolución semejante a la que describimos en el apartado anterior para el conjunto de la industria, con ligeras diferencias de grado y una participación algo superior de las industrias manufactureras que la que previamente habíamos encontrado para toda la industria.

Entre las diferencias, queremos destacar dos hechos que tienen que ver con la participación en los requerimientos de inputs intermedios de sectores de alta intensidad tecnológica. En primer lugar, la participación en los requerimientos del sector de Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico es ligeramente superior que la encontrada en el conjunto de la industria. Pero, lo que es más importante, en la evolución creciente tienen un papel más positivo (especialmente de 1980 a 1990 el 74,3% frente al 36,8% del conjunto de la industria, pero también ligeramente del 139,4% frente al 137,4%, respectivamente, de 1990 a 1995) a excepción del período de 1975 a 1980.

El segundo hecho diferencial que queremos destacar tiene que ver con la evolución que ha experimentado la participación de los requerimientos de Telecomunicaciones e informática. Si nos fijamos en la estructura porcentual, tanto los niveles como la evolución son idénticos a los experimentados por el conjunto de la industria. Sin embargo, si atendemos a la variación en los requerimientos y al efecto de cada componente, encontramos una diferencia sustancial. Al margen de un crecimiento en los requerimientos superior de 1980 a 1990 tanto por efecto de la tecnología como por efecto de la demanda final, el hecho verdaderamente llamativo lo

Universidad de Huelva 2009

encontramos en la evolución de 1990 a 1995. Se produce una reducción en los requerimientos casi cuatro veces menor de la que se produce en el conjunto de la industria. Pero esta disminución se produce a pesar del aumento del 97,5% (el tercero en importancia después del 139,4% de la Maquinaria eléctrica al que ya hemos aludido y el 97,8% del Caucho y plástico), como consecuencia de una reducción del 100% de los requerimientos, como resultado de los efectos de los cambios en la demanda final.

Como hemos señalado en el apartado anterior, el cambio técnico dejó invariados los requerimientos de Telecomunicaciones e informática en el conjunto de la industria. Para las manufacturas sin embargo ha significado su multiplicación por dos. En ambos casos la demanda final es la causante de la evolución negativa, pero sus efectos son extraordinariamente más intensos si nos ceñimos a las manufacturas.

TABLA 5.30. CONTENIDO TECNOLÓGICO DE LOS REQUERIMIENTOS DE INPUTS INTERMEDIOS (RII) DE LAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS EN ANDALUCÍA: 1975–1995.

Participación porcentual de los RII de los sectores de mediana y alta intensidad tecnológica en el total de RII	**1975**	**1980**	**1990**	**1995**
SECTORES DE MEDIANA Y/O ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	18.0	18.8	22.9	6.2
SECTORES DE ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	ND	1.3	2.5	6.2
Variaciones en puntos porcentuales	**1975–1980**	**1980–1990**		**1990–1995**
SECTORES DE MEDIANA Y/O ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	0.8	4.1		7.4
SECTORES DE ALTA INTENSIDAD TECNOLÓGICA	ND	1.2		3.7

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN 1975, TIOAN 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Por último, al fijarnos en un indicador equivalente a los índices de contenido tecnológico, recogido en la Tabla 5.30, encontramos niveles y evolución semejantes a los del conjunto de la industria, aunque ligeramente

Universidad de Huelva 2009

por encima en el caso de las manufacturas. Cabe por tanto repetir las conclusiones que ya hemos señalado en al apartado anterior. Es decir, se ha incrementado el papel jugado por los sectores de mediana y alta intensidad tecnológica en la difusión de la tecnología a través de los inputs intermedios, en especial de 1990 a 1995. Sin embargo, dicho incremento no se ha dirigido hacia las Telecomunicaciones e informática, cuyo papel sigue siendo residual, sino al sector típicamente industrial de alta intensidad tecnológica, que juega en un papel más intenso que en el resto del sistema productivo. Además, también ha sido mayor el papel jugado por los sectores de mediana intensidad tecnológica. Además, el papel de los sectores de escasa intensidad tecnológica (por debajo del 50% de los requerimientos) también es menor que en el conjunto de la economía, donde superan claramente la mitad de los requerimientos de inputs intermedios.

Los requerimientos de inputs procedentes de sectores exclusivamente de alta intensidad tecnológica (1,3% en 1980, 2,5% en 1990 y 6,3% en 1995) son semejantes en los primeros períodos a los del conjunto de la economía (1,3% y 2,4%, respectivamente) mientras que en el último son claramente inferiores al 10,9% del conjunto del sistema productivo. Como ya hemos señalado al analizar la industria en su conjunto, los requerimientos del Maquinaria y equipo eléctrico, electrónico y óptico se han incrementado considerablemente en casi un 140%; el mejor comportamiento de todos los sectores para las manufacturas. Las mencionadas diferencias se deben, una vez más, a la incapacidad para incorporar inputs de telecomunicaciones e informática al mismo ritmo que

Universidad de Huelva 2009

lo ha hecho el resto de la economía, en especial en la Administración Pública y los Servicios.

Sin embargo, esta incapacidad no es debida al cambio técnico. Más bien al contrario, los cambios en la estructura tecnológica en Andalucía han favorecido un aumento en los requerimientos de inputs de Telecomunicaciones e informática, aunque a un ritmo del 97,5%, claramente inferior del que ha propiciado en el conjunto de la economía, que supera el 1.000%. La señalada debilidad se debe fundamentalmente al comportamiento desfavorable de la demanda final, muy acusado en las manufacturas.

Universidad de Huelva 2009

ANEXO AL CAPÍTULO 5.

A5.1. Tablas y Figuras.

TABLA A5.1. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LAS EMPRESAS EN LOS GASTOS DE I+D EN ESPAÑA Y LA OCDE.

AÑO	España	UE	OCDE	EE.UU.	Japón	Francia	Alemania
1983	51.8						
1986	58.6	65.1		72.2	71.5	58.7	73.2
1987	55.0	64.8	68.7	72.1	70.9	58.9	72.2
1988	56.7	65.0	68.8	71.6	72.7	59.5	72.4
1989	56.3	65.0	68.8	71.0	74.3	60.3	72.2
1990	57.8	64.8	68.9	71.0	75.5	60.4	71.9
1991	56.0	63.4	69.0	72.8	75.4	61.5	69.3
1992	50.5	63.1	68.2	72.2	73.5	62.5	68.5
1993	47.8	62.1	66.9	70.9	71.1	61.7	66.8
1994	46.8	62.0	66.9	71.0	71.1	61.8	66.3
1995	48.2	62.0	67.3	71.8	70.3	61.0	65.7
1996	48.4			72.7		61.5	65.8
1997	48.8						
1998	52.1						

Fuente: OCDE: *Main Science and Technology Indicators* e INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.*

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.2. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LAS UNIVERSIDADES EN LOS GASTOS DE I+D EN ESPAÑA, LA UNIÓN EUROPEA Y LA OCDE.

AÑO	Andalucía	Cataluña	España	UE	OCDE
1986	27.8	14.3	15.2	15.7	
1987	32.2	14.4	19.1	16.3	15.8
1988	32.1	15.5	19.2	16.3	
1989	38.2	17.5	20.4	16.2	16.0
1990	41.6	16.4	20.4	16.6	
1991	43.8	17.9	22.2	18.8	16.1
1992	52.5	24.0	28.9	19.5	16.8
1993	60.1	25.8	31.3	20.4	17.6
1994	54.9	27.3	31.6	20.8	17.9
1995	51.6	27.2	32.0	21.0	17.7
1996	52.6	27.6	32.3		
1997	57.7	24.3	32.7		
1998	48.8	26.0	30.5		

Fuente: OCDE: *Main Science and Technology Indicators* e INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.*

TABLA A5.3. ESFUERZO INVESTIGADOR.

AÑO	EE.UU.	Japón	Francia	Alemania	UE	OCDE	España	Andalucía	Cataluña
1983							0.45	0.28	0.52
1986	2.91	2.56	2.23	2.73	1.93		0.61	0.35	0.54
1987	2.84	2.63	2.27	2.88	1.96	2.35	0.64	0.36	0.64
1988	2.81	2.67	2.28	2.86	1.95		0.72	0.40	0.74
1989	2.76	2.80	2.33	2.87	1.98	2.35	0.75	0.44	0.71
1990	2.74	2.77	2.42	2.75	1.99		0.85	0.46	0.85
1991	2.81	2.85	2.41	2.61	1.95	2.29	0.87	0.47	0.90
1992	2.74	2.82	2.42	2.48	1.93	2.23	0.87	0.52	0.95
1993	2.61	2.76	2.45	2.43	1.92	2.18	0.91	0.64	0.94
1994	2.51	2.68	2.38	2.33	1.87	2.12	0.85	0.52	0.88
1995	2.55	2.63	2.33	2.30	1.85	2.15	0.81	0.60	0.90
1996	2.52	2.77	2.31	2.28	1.83	2.19	0.83	0.62	0.91
1997	2.71		2.23	2.31	1.83	2.21	0.82	0.61	0.93
1998	2.79			2.33			0.90	0.68	1.08

Fuente: Recopilación de los datos de Main Science and Technology Indicators–Principaux Indicateurs de la Science et de la Technologie, de la OCDE, de los datos de la Estadística sobre Actividades de I+D y de la Contabilidad Regional de España, del INE.

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.4. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS EN LOS GASTOS DE I+D EN ESPAÑA, LA UNIÓN EUROPEA Y LA OCDE.

AÑO	Andalucía	Cataluña	España	UE	OCDE
1986	31.2	7.1	26.1		
1987	34.5	11.6	25.5		
1988	30.3	10.5	23.2		
1989	26.9	10.5	22.7		
1990	25.0	11.3	21.3		
1991	25.1	10.3	21.3		
1992	20.8	10.0	20.0		
1993	18.1	10.0	21.0		
1994	20.8	11.4	20.7		
1995	21.4	10.4	18.6		
1996	20.7	10.2	18.3		
1997	18.3	10.3	17.4		
1998	18.5	7.8	16.3		

Fuente: OCDE: *Main Science and Technology Indicators* e INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.*

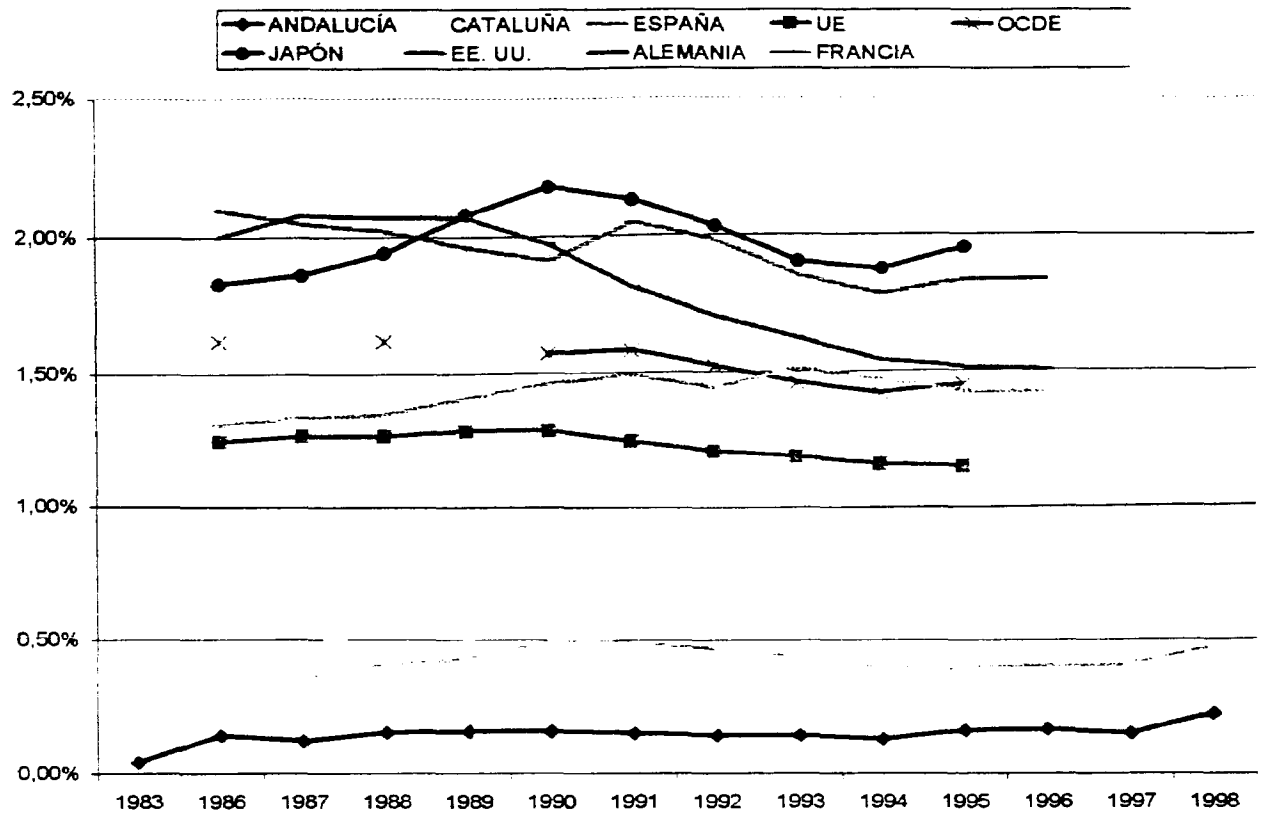
TABLA A5.5. ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS UNIVERSIDADES EN ESPAÑA, LA UNIÓN EUROPEA Y LA OCDE.

AÑO	Andalucía	Cataluña	España	UE	OCDE
1986	0.10	0.08	0.09	0.30	
1987	0.12	0.09	0.12	0.32	0.37
1988	0.13	0.12	0.14	0.32	
1989	0.17	0.12	0.15	0.32	0.38
1990	0.19	0.14	0.17	0.33	
1991	0.21	0.16	0.19	0.37	0,37
1992	0.27	0.23	0.26	0.38	0,37
1993	0.39	0.24	0.29	0.39	0.38
1994	0.28	0.24	0.27	0.39	0.38
1995	0.31	0.24	0.26	0.39	0.38
1996	0.33	0.25	0.27		
1997	0.35	0.23	0.27		
1998	0.33	0.28	0.28		

Fuente: OCDE: *Main Science and Technology Indicators* e INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico* y elaboración propia.

Universidad de Huelva 2009

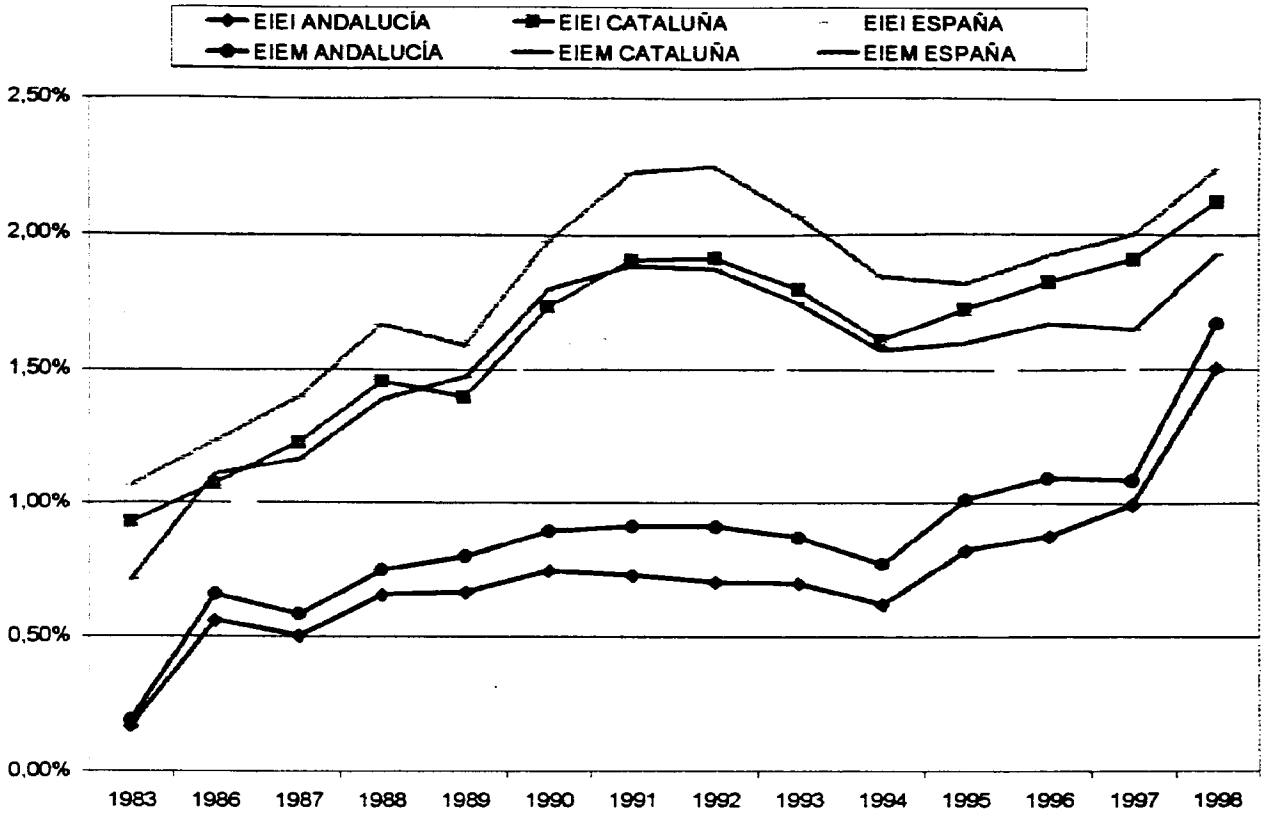
FIGURA A5.1. EVOLUCIÓN DEL ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS (EIE) EN ESPAÑA Y LA OCDE.



Fuente: OCDE: *Main Science and Technology Indicators* e INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.*

Universidad de Huelva 2009

FIGURA A5.2. EVOLUCIÓN DEL ESFUERZO INVESTIGADOR DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES (EIEI) Y DE LAS MANUFACTURERAS (EIEM) EN ESPAÑA.



Fuente: INE: *Estadística sobre Gastos de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.*

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.6. NÚMERO DE PATENTES POR SECTORES CIP. ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL	%
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	22	24	26	18	22	71	63	99	**345**	**30,91%**
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	24	29	33	15	16	56	53	69	**295**	**26,43%**
C. QUIMICA Y METALURGIA	6	8	11	9	9	11	17	13	**84**	**7,53%**
D. TEXTILES Y PAPEL	1	1	0	0	0	3	2	4	**11**	**0,99%**
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	5	7	13	1	5	36	26	34	**127**	**11,38%**
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	6	11	12	4	2	13	15	21	**84**	**7,53%**
G. BASICA	9	15	12	10	9	14	17	35	**121**	**10,84%**
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	2	5	8	6	4	7	11	6	**49**	**4,39%**
TOTAL	**75**	**100**	**115**	**63**	**67**	**211**	**204**	**281**	**1.116**	**100,00%**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM y ACOSTA y CORONADO (1992).

TABLA A5.7. NÚMERO DE PATENTES POR SECTORES CIP. ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL	%
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	1.559	871	915	1.434	1.474	1.556	1.482	1.536	**10.827**	**33,06%**
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	1.798	952	1.072	1.068	1.133	1.143	1.028	1.225	**9.419**	**28,76%**
C. QUIMICA Y METALURGIA	36	26	17	23	31	118	173	169	**593**	**1,81%**
D. TEXTILES Y PAPEL	65	49	40	33	41	48	44	57	**377**	**1,15%**
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	570	417	351	493	498	500	451	565	**3.845**	**11,74%**
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	737	380	343	361	399	359	339	432	**3.350**	**10,23%**
G. BASICA	583	337	212	247	255	371	310	478	**2.793**	**8,53%**
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	225	154	136	154	183	242	219	237	**1.550**	**4,73%**
TOTAL	**5.573**	**3.186**	**3.086**	**3.813**	**4.014**	**4.337**	**4.046**	**4.699**	**32.754**	**100,00%**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.8. NÚMERO DE PATENTES POR BILLÓN DE PESETAS DE PIB Y POR SECTORES CIP. ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	4	4	4	2	3	9	7	10	6
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	4	5	5	2	2	7	6	7	5
C. QUIMICA Y METALURGIA	1	1	2	1	1	1	2	1	1
D. TEXTILES Y PAPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	1	1	2	0	1	4	3	4	2
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	1	2	2	1	0	2	2	2	1
G. BASICA	2	3	2	1	1	2	2	4	2
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	14	17	17	8	8	26	23	29	19

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Contabilidad Regional de España del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

TABLA A5.9. NÚMERO DE PATENTES POR BILLÓN DE PESETAS DE PIB Y POR SECTORES CIP. ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	39	19	18	26	25	26	23	21	24
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	45	21	21	19	19	19	16	17	21
C. QUIMICA Y METALURGIA	1	1	0	0	1	2	3	2	1
D. TEXTILES Y PAPEL	2	1	1	1	1	1	1	1	1
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	14	9	7	9	8	8	7	8	9
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	18	8	7	7	7	6	5	6	7
G. BASICA	15	7	4	4	4	6	5	7	6
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	6	3	3	3	3	4	3	3	3
TOTAL	139	71	62	69	68	71	62	65	73

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Contabilidad Regional de España del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.10. NÚMERO DE PATENTES POR MIL MILLONES DE PESETAS DE GASTOS EN I+D Y POR SECTORES CIP. ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	1	1	1	1	1	1	1	2	1
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	1	1	1	0	0	1	1	1	1
C. QUIMICA Y METALURGIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. TEXTILES Y PAPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	0	0	0	0	0	1	1	1	0
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G. BASICA	0	1	0	0	0	0	0	1	0
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	3	4	4	2	2	4	5	5	4

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

TABLA A5.11. NÚMERO DE PATENTES POR MIL MILLONES DE PESETAS DE GASTOS EN I+D Y POR SECTORES CIP. ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	5	3	2	3	3	3	3	3	3
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	6	3	3	2	2	2	2	2	2
C. QUIMICA Y METALURGIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. TEXTILES Y PAPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	2	1	1	1	1	1	1	1	1
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	3	1	1	1	1	1	1	1	1
G. BASICA	2	1	0	1	0	1	1	1	1
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19	9	7	8	7	8	7	8	9

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.12. NÚMERO DE PATENTES POR MIL MILLONES DE PESETAS DE GASTOS DE LAS EMPRESAS EN I+D Y POR SECTORES CIP. ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	3	3	2	2	2	6	6	6	4
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	3	3	3	1	1	5	5	5	3
C. QUIMICA Y METALURGIA	1	1	1	1	1	1	2	1	1
D. TEXTILES Y PAPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	1	1	1	0	0	3	2	2	1
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	1	1	1	0	0	1	1	1	1
G. BASICA	1	2	1	1	1	1	2	2	1
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	0	1	1	1	0	1	1	0	1
TOTAL	9	11	11	6	6	19	19	18	13

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

TABLA A5.13. NÚMERO DE PATENTES POR MIL MILLONES DE PESETAS DE GASTOS DE LAS EMPRESAS EN I+D Y POR SECTORES CIP. ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	10	5	4	5	5	6	6	5	6
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	11	5	4	4	4	4	4	4	5
C. QUIMICA Y METALURGIA	0	0	0	0	0	0	1	1	0
D. TEXTILES Y PAPEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	3	2	1	2	2	2	2	2	2
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	5	2	1	1	1	1	1	2	2
G. BASICA	4	2	1	1	1	1	1	2	1
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	34	17	13	14	15	16	16	16	17

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.14. NÚMERO DE PATENTES POR MIL INVESTIGADORES Y POR SECTORES CIP. ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	8	8	8	5	5	16	13	17	11
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	9	10	10	4	4	13	11	12	9
C. QUIMICA Y METALURGIA	2	3	3	2	2	3	3	2	3
D. TEXTILES Y PAPEL	0	0	0	0	0	1	0	1	0
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	2	2	4	0	1	8	5	6	4
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	2	4	4	1	0	3	3	4	3
G. BASICA	3	5	4	3	2	3	3	6	4
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	1	2	2	2	1	2	2	1	2
TOTAL	29	35	34	16	16	49	41	48	35

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

TABLA A5.15. NÚMERO DE PATENTES POR MIL INVESTIGADORES Y POR SECTORES CIP. ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	50	26	24	35	35	36	31	32	34
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	58	29	28	26	27	26	21	26	29
C. QUIMICA Y METALURGIA	1	1	0	1	1	3	4	4	2
D. TEXTILES Y PAPEL	2	1	1	1	1	1	1	1	1
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	18	13	9	12	12	12	9	12	12
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	24	12	9	9	10	8	7	9	10
G. BASICA	19	10	6	6	6	9	6	10	9
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	7	5	4	4	4	6	5	5	5
TOTAL	179	97	82	94	96	100	85	99	102

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.16. NÚMERO DE PATENTES POR MIL INVESTIGADORES EN EMPRESAS Y POR SECTORES CIP. ANDALUCÍA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	65	61	55	37	47	158	—	184	110
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	71	74	70	31	34	125	—	128	94
C. QUIMICA Y METALURGIA	18	20	23	18	19	25	—	24	27
D. TEXTILES Y PAPEL	3	3	0	0	0	7	—	7	4
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	15	18	27	2	11	80	—	63	40
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	18	28	25	8	4	29	—	39	27
G. BASICA	27	38	25	21	19	31	—	65	39
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	6	13	17	12	9	16	—	11	16
TOTAL	222	255	243	129	144	471	—	523	355

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

TABLA A5.17. NÚMERO DE PATENTES POR MIL INVESTIGADORES EN EMPRESAS Y POR SECTORES CIP. ESPAÑA 1988–1995.

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	182	93	83	123	127	138	134	142	127
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	210	101	97	92	98	102	93	113	110
C. QUIMICA Y METALURGIA	4	3	2	2	3	10	16	16	7
D. TEXTILES Y PAPEL	8	5	4	3	4	4	4	5	4
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	67	44	32	42	43	44	41	52	45
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	86	40	31	31	34	32	31	40	39
G. BASICA	68	36	19	21	22	33	28	44	33
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	26	16	12	13	16	21	20	22	18
TOTAL	652	339	280	328	346	385	365	435	384

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM, la Estadística sobre Gastos en I+D del INE y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.18. VENTAJA REVELADA EN PATENTES (RPA) DE ANDALUCÍA RESPECTO A ESPAÑA: 1988–1995.

OPCIÓN: RPA = 100 log RTA

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	2,060	-5,656	-11,775	-11,935	-4,857	-2,784	-7,411	3,254	-2,909
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	-0,355	-1,299	-8,298	-7,055	-7,261	0,305	0,968	-2,599	-3,658
C. QUIMICA Y METALURGIA	109,288	99,136	123,964	137,444	124,038	28,242	28,980	10,936	61,882
D. TEXTILES Y PAPEL	5,811	-18,695	-	-	-	10,879	-4,503	6,948	-6,735
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	-18,588	-27,179	-0,267	-91,092	-22,076	17,024	5,819	0,273	-1,349
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	-21,829	-3,515	-2,741	-17,352	-52,244	-12,824	-5,671	-8,997	-13,317
G. BASICA	5,960	15,171	18,154	38,923	32,520	-11,034	3,648	8,794	10,431
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	-18,012	1,470	19,825	37,256	11,711	-22,581	-0,166	-37,330	-3,254

OPCIÓN: RPA = log RTA

SECTORES CIP	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
A. AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN, MOBILIARIO Y SALUD	0,021	-0,057	-0,118	-0,119	-0,049	-0,028	-0,074	0,033	-0,029
B. TRANSPORTES Y TECNICAS INDUSTRIALES DIVERSAS	-0,004	-0,013	-0,083	-0,071	-0,073	0,003	0,010	-0,026	-0,037
C. QUIMICA Y METALURGIA	1,093	0,991	1,240	1,374	1,240	0,282	0,290	0,109	0,619
D. TEXTILES Y PAPEL	0,058	-0,187	-	-	-	0,109	-0,045	0,069	-0,067
E. CONSTRUCCIONES FIJAS	-0,186	-0,272	-0,003	-0,911	-0,221	0,170	0,058	0,003	-0,013
F. MECANICA, ILUMINACIÓN, CALEFACCION ARMAMENTO	-0,218	-0,035	-0,027	-0,174	-0,522	-0,128	-0,057	-0,090	-0,133
G. BASICA	0,060	0,152	0,182	0,389	0,325	-0,110	0,036	0,088	0,104
H. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	-0,180	0,015	0,198	0,373	0,117	-0,226	-0,002	-0,373	-0,033

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos "en línea" de la OEPM y ACOSTA y CORONADO (1992).

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.19. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO TOTAL EN ANDALUCÍA (1980–1995).

Evolución de los ICT en Andalucía	GLOBAL			MEDIO-ALTO			ALTO		
	1980	1990	1995	1980	1990	1995	1980	1990	1995
P1 Primario	35,35%	41,27%	45,80%	23,23%	22,23%	29,61%	2,23%	1,69%	0,78%
I1 Agua, Gas y Electricidad	42,67%	79,11%	95,38%	5,08%	1,16%	6,71%	1,02%	0,51%	2,10%
I2 Extractivas y refino de petróleo	87,74%	78,60%	89,41%	3,43%	3,73%	25,68%	0,98%	0,74%	1,40%
I3 Producción y primera trasnformación de metales	94,95%	82,34%	97,68%	2,95%	67,89%	65,74%	1,73%	0,79%	1,86%
I4 Producción y primera transfomración de minerales no metálicos	52,76%	61,60%	62,61%	10,68%	8,19%	15,71%	2,63%	1,48%	2,22%
I5 Química	83,86%	68,33%	90,26%	49,31%	45,32%	61,05%	3,11%	1,18%	2,15%
I6 Productos Metálicos	86,27%	81,68%	91,30%	19,61%	63,76%	71,45%	3,12%	1,71%	3,53%
I7 Maquinaria y equipo mecánico	89,43%	75,80%	87,11%	51,02%	59,51%	71,69%	7,86%	11,18%	14,20%
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	86,60%	73,47%	85,85%	66,59%	53,66%	75,19%	3,22%	43,72%	52,62%
I9 Material de Transporte	87,17%	75,12%	82,22%	61,72%	49,51%	57,56%	1,56%	4,67%	11,26%
I10 Alimentación	16,05%	15,17%	14,90%	4,62%	4,61%	6,98%	0,73%	0,98%	1,12%
I11 Textil, Vestido y Calzado	17,82%	18,67%	13,45%	7,69%	6,66%	5,27%	1,43%	0,78%	1,30%
I12 papel y derivados y Artes Gráficas	28,77%	29,80%	27,11%	14,37%	13,30%	13,03%	1,83%	1,72%	2,06%
I13 Caucho y Plástico	85,09%	82,07%	90,30%	73,28%	64,88%	76,39%	4,08%	0,89%	4,06%
I14 Industria de la Madera y el corcho	29,63%	23,21%	20,26%	16,82%	7,37%	6,95%	1,78%	0,89%	2,44%
I15 Otras Manufacturas	91,74%	73,26%	47,15%	17,72%	61,08%	33,83%	1,80%	1,88%	2,19%
C1 Construcción	62,62%	49,71%	73,93%	18,85%	19,16%	19,51%	1,52%	4,68%	11,64%
T1 Terciario	54,07%	55,29%	55,12%	16,73%	12,84%	18,71%	2,63%	3,27%	7,62%
A1 Administración Pública	38,86%	48,85%	32,63%	12,43%	24,44%	11,24%	3,51%	15,40%	7,17%
TOTAL	**52,66%**	**51,20%**	**55,90%**	**15,43%**	**16,97%**	**21,29%**	**1,80%**	**3,34%**	**5,03%**
SECTOR INDUSTRIAL	*53,76%*	*49,70%*	*52,52%*	*13,71%*	*18,77%*	*23,71%*	*1,42%*	*2,69%*	*3,20%*
MANURACTURAS (excepto pirmera transformación de minerales)	38,52%	36,93%	33,93%	19,56%	21,80%	22,14%	1,50%	3,58%	3,93%

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOAN, 1980, TIOAN 1990 y TIOAN 1995.

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.20. EVOLUCIÓN DE LOS ÍNDICES DE CONTENIDO TECNOLÓGICO TOTAL EN ESPAÑA (1980–1995).

Evolución de los ICT en España	GLOBAL			MEDIO-ALTO			ALTO		
	1980	1990	1995	1980	1990	1995	1980	1990	1995
P1 Primario	32,06%	32,37%	33,09%	15,20%	15,36%	13,62%	0,29%	0,25%	0,40%
I1 Agua, Gas y Electricidad	94,99%	88,50%	84,90%	6,15%	10,44%	11,67%	3,33%	4,48%	5,64%
I2,I3,I4 Extractivas, Refino de Petróleo, Producción y primera transformación de los minerales	94,13%	78,02%	80,44%	33,94%	32,20%	21,30%	0,49%	1,07%	1,90%
I5 Química	81,93%	69,21%	71,16%	50,34%	40,26%	48,11%	0,66%	1,43%	3,30%
I6 Productos Metálicos	88,81%	79,75%	81,99%	61,69%	55,97%	56,08%	1,59%	2,17%	2,40%
I7 Maquinaria y equipo mecánico	90,89%	84,27%	80,92%	58,72%	56,11%	56,04%	6,96%	10,01%	13,65%
I8 Maquinaria, material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	86,93%	79,58%	80,64%	67,72%	65,08%	68,18%	33,03%	33,96%	39,78%
I9 Material de Transporte	91,74%	86,11%	89,08%	64,03%	64,38%	79,09%	6,35%	9,31%	5,58%
I10 Alimentación	15,55%	15,23%	16,02%	4,15%	5,41%	5,34%	0,30%	0,53%	0,75%
I11 Textil, Vestido y Calzado	30,36%	34,85%	24,13%	17,78%	22,57%	15,22%	0,45%	0,92%	1,16%
I12 Papel y derivados y Artes Gráficas	27,96%	28,84%	25,30%	10,62%	14,91%	11,16%	0,53%	0,83%	1,87%
I13 Caucho y Plástico	74,03%	70,98%	81,53%	54,49%	54,12%	67,46%	0,89%	1,16%	1,71%
I14 Industria de la Madera y el corcho	27,26%	26,58%	25,42%	8,69%	10,56%	9,06%	0,70%	1,46%	1,13%
I15 Otras Manufacturas	81,17%	72,40%	41,35%	70,00%	62,09%	24,70%	2,53%	5,32%	1,90%
C1 Construcción	81,82%	50,74%	74,99%	20,25%	21,13%	12,78%	7,93%	7,69%	5,69%
T1 Terciario	64,51%	61,94%	53,10%	13,42%	12,57%	12,24%	5,30%	5,09%	5,71%
A1 Administración Pública	64,96%	56,66%	55,92%	29,26%	32,54%	30,28%	8,01%	13,29%	14,03%
TOTAL	**64,22%**	**57,19%**	**56,41%**	**24,50%**	**23,25%**	**22,68%**	**3,72%**	**5,06%**	**5,21%**
SECTOR INDUSTRIAL	*65.41%*	*57.71%*	*55.80%*	*31.06%*	*32.58%*	*32.76%*	*2.60%*	*4.39%*	*4.75%*
MANURACTURAS (excepto pirmera transformación de minerales)	50,64%	50,89%	52,81%	31,49%	33,92%	34,93%	3,49%	5,22%	4,87%

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIOE, 1980, TIOE 1990 y TIOE 1995.

Universidad de Huelva 2009

A5.2. Agregación sectorial utilizada.

A continuación indicamos en las tablas A5.1 y A5.2 la correspondencia de los sectores utilizados en el presente capítulo con las Tablas Input–Output de Andalucía (TIOAN) y de España (TIOE) para el período objeto de estudio.

No obstante, queremos hacer algunas puntualizaciones que recogen las dificultades a las que nos hemos tenido que enfrentar y la opción que hemos adoptado en cada caso.

En las TIOAN 1975 sólo disponemos de un nivel de agregación a 30 sectores, lo que ha entrañado determinadas restricciones. En primer lugar no hemos podido separar los sectores de Maquinaria y equipo mecánico, Maquinaria, material y equipo eléctrico y electrónico y Material de transporte, que en dicha tabla componen un único sector, al igual que Transportes y Comunicaciones y el de Caucho y plástico junto con Otras manufacturas. Ello nos ha impedido calcular los índices de contenido tecnológico de alta intensidad y nos ha obligado a calcular los de mediana intensidad sin considerar los inputs de comunicaciones. Además, nos hemos visto obligados a calcular las variaciones en los requerimientos, para estos sectores sólo a partir de 1980.

En segundo lugar, las TIOE 1990 nos ofrecen la extracción de metales junto con su primera transformación en un único sector y la extracción de minerales no metálicos junto con su primera transformación. Ello nos ha obligado a agregar tres de nuestros sectores para España en un gran sector que incluye las Extractivas, el Refino de Petróleo y la Primera

Universidad de Huelva 2009

transformación de los minerales. Además, al estudiar las manufacturas, hemos tenido que excluir la primera transformación de los minerales.

De otra parte, el cambio de nomenclatura de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas en 1993 ha afectado a la clasificación sectorial en las Tablas de 1995, elaboradas de acuerdo con la CNAE 1993, mientras que las anteriores lo estaban siguiendo la CNAE 1974. Los principales efectos han sido la aparición de dos nuevos sectores, las Actividades informáticas, antes incluidas en los servicios a empresas y en la venta de material y equipo informático, y la Fabricación de Muebles, antes incluida fundamentalmente en las Industrias de la Madera y el Corcho y en muy menor medida en los Productos Metálicos.

La Fabricación de Muebles aparece como sector independiente en las TIOAN 1995, mientras que aparece incluida en Otras manufacturas en la TIOE 1995, junto con el Reciclaje y recuperación. Este hecho nos ha llevado a realizar esta misma agregación para Andalucía en aras de una mejor comparación con el conjunto de la economía española.

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.3.

		TIOAN 75	TIOAN 80	TIOAN 90	TIOAN 95
P1	Primario	1 y 2	1 a 4	1 a 9	1 a 6
I1	Agua,gas y electricidad	22	7 a 9	12 a 14	47 a 49
I2	Extractivas y refino de petróleo	3	5 y 6	10 y 11	7 a 11 y 27
I3	Producción y primera transf.de metales	18	19	15	34
I4	Producción y primera transf.de minerales no metálicos	17	10 a 15	16 a 20	31 a 33
I5	Química	15 y 16P	16 a 18	21 a 24	28 y 29
I6	Productos metálicos	19	20 a 23	25	35, 44P*
I7	Maquinaria y equipo mecánico	20P	24	26	36
I8	Maquinaria,material y equipo eléctrico, electrónico y óptico.	20P	25 y 26	27	37 a 40
I9	Material de transporte	20P	27 a 29	28 a 31	41 a 43
I10	Alimentación, bebidas y tabaco	4 a 11	30 a 43	32 a 45	12 a 20
I11	Textil, vestido y calzado	12	44 a 46	46 a 48	21 a 23
I12	Papel y derivados y artes gráficas	14	48 y 49	51 y 52	25 y 26
I13	Caucho y plástico	21P	50	53	30
I14	Madera y corcho	13	47	49 y 50	24 y 44P*
I15	Otras manufacturas	21P	51	54 y 55	45
C1	Construcción	23	52 y 53	56 y 57	50 y 51
T1	Terciario	24 a 29	54 a 63	58 a 77	46, 52 a 76 y 78 a 89
A1	Admon. Pública y Defensa	30	64	78	77

Universidad de Huelva 2009

TABLA A5.4.

		TIOE 75	TIOE 80(R44)	TIOE 90	TIOE 95
P1	Primario	1 a 6	1	1	1 a 3
I1	Agua,gas y electricidad	12,14 y 15	5	8 a 10	9 a 11
I2	Extractivas y refino de petróleo	7 a 11, 13, 16, 17 y 20 a 22	2, 3, 4, 6 y 7	2 a 7 y 11 a 17	4 a 8
I3	Producción y primera transf.de metales	18 y 19			29
I4	Producción y primera transf.de minerales no metálicos	23 a 28			25 a 28
I5	Química	29 a 36	8	18	23
I6	Productos metálicos	37 a 40	9	19	30
I7	Maquinaria y equipo mecánico	41 a 43	10	20	31
I8	Maquinaria,material y equipo eléctrico, electrónico y óptico.	42 a 46	11 y 12	21 y 22	32 a 35
I9	Material de transporte	47 a 52	13 y 14	23 y 24	36 y 37
I10	Alimentación, bebidas y tabaco	54 a 73	15 a 19	25 a 29	12 a 16
I11	Textil, vestido y calzado	74 a 84	20 y 21	30 y 31	17 a 19
I12	Papel y derivados y artes gráficas	91 a 93	23	33 y 34	21 y 22
I13	Caucho y plástico	94 y 95	24	35	24
I14	Madera y corcho	85 a 90	22	32	20, 38P**
I15	Otras manufacturas	53, 96 y 99	25	36	38P**, 39
C1	Construcción	97 y 98	26	37	40
T1	Terciario	100 a 126	27 a 39 y 41 a 43	38 a 52 y 54 a 56	41 a 63 y 65 a 70
A1	Admon. Pública y Defensa	127	40	53	64

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

CAPÍTULO 6. IMPLICACIONES PARA LA POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN ANDALUCÍA: A MODO DE CONCLUSIONES.

Con este capítulo pretendemos cerrar la presente Tesis Doctoral, resaltando las principales conclusiones que se extraen de los capítulos precedentes, de carácter eminentemente teórico unos y descriptivo los otros. Además, haremos especial hincapié en las implicaciones que dichas conclusiones pueden tener para la Política de Ciencia y Tecnología en nuestra Comunidad. Así mismo, también destacaremos determinadas implicaciones que se puedan derivar de estudios afines, que nosotros no hemos abordado, pero que son igualmente relevantes.

En primer lugar, debemos señalar el sustancial cambio que se ha producido en la concepción del cambio tecnológico en fechas relativamente recientes. Este cambio, se ha reflejado, de una parte, en su incorporación al cuerpo de análisis teórico, como elemento interno del sistema económico, que es determinado por la evolución de dicho sistema, al tiempo que también influye en la evolución misma. De otra, se ha tomado consciencia del carácter sistémico, no lineal, del proceso de innovación; es decir, existe multitud de retroalimentaciones entre las distintas etapas de dicho proceso, lo que lo hace extraordinariamente complejo y de gran diversidad. La innovación no puede abordarse, por tanto, como un único problema homogéneo, sino como un conjunto de problemas y posibles soluciones muy heterogéneo.

Universidad de Huelva 2009

Todo este cambio se ha traducido en una mayor receptividad del sector público hacia las cuestiones relacionadas con la innovación y el cambio tecnológico. Dos han sido las consecuencias fundamentales de este hecho. Por un lado, se han incrementado los fondos y programas destinados a financiar y fomentar la investigación y el desarrollo tecnológicos, así como la innovación en las empresas. Por otro, han proliferado las estadísticas que pretenden medir los diferentes aspectos del cambio tecnológico, ganando grado de perfeccionamiento con el tiempo.

La disponibilidad de estadísticas fiables y abundantes en esta materia permite no sólo avanzar en la comprensión y el análisis económico del cambio tecnológico y la innovación, sino también diseñar mejor las políticas y estrategias tendentes a favorecer la innovación y el desarrollo tecnológico. Simétricamente, la carencia de tales estadísticas limita extraordinariamente tanto el análisis económico como el planteamiento y diseño de las políticas adecuadas.

Como hemos visto en los capítulos cuarto y quinto, la disponibilidad de estadísticas es superior en los países y regiones tecnológicamente más avanzados y más deficitario en los más atrasados, que son precisamente los que necesitan con más urgencia afinar sus políticas de desarrollo científico y tecnológico e innovación. Aunque volveremos más adelante a plantear esta cuestión, el retraso estadístico en Andalucía es considerable y los esfuerzos en esta área muy recientes. Dichos esfuerzos, aunque importantes, son todavía insuficientes, por lo que el desarrollo estadístico constituye un importante reto de futuro en Andalucía.

Universidad de Huelva 2009

En la práctica, el resultado ha sido un importante incremento de los gastos en I+D en Andalucía, que han pasado de representar el 0,18% del PIB andaluz en 1983 al 0,68% en 1990. No obstante, a pesar del importante esfuerzo, estos datos están muy lejos del 1,9% de la Unión Europea y del 2,5% de la OCDE, que en el caso de Estados Unidos y Japón, se aproxima al 3% en determinados años concretos. De hecho, ni siquiera se llega a converger al 0,9% del conjunto de la economía española.

En cuanto a los efectos sobre el comportamiento de las empresas, tenemos que reconocer que en Andalucía no han ido parejos a los que ha tenido sobre las administraciones públicas. Este hecho queda de manifiesto en la Encuesta sobre Innovación en las Empresas[1]. De una parte, una gran proporción de las empresas andaluzas (en general entre el 30% y el 40%, aunque en el caso de los sistemas automatizados de almacenaje y recuperación supera el 50%) manifiesta que no sólo no utilizan las principales tecnologías avanzadas de la producción, sino que no las utilizarán en el futuro por no considerarlas aplicables a su actividad. De otra, sólo 116 empresas realizan I+D sistemática (el 6% de las que, por un motivo u otro pueden considerarse innovadoras) y otras 305 la realizan de forma ocasional.

Por otro lado, también hemos comprobado cómo los niveles de esfuerzo investigador en las empresas son considerablemente inferiores en Andalucía a los ya de por sí muy bajos de España y, especialmente, respecto a los existentes en los países más avanzados. De nuevo, aunque en Andalucía se ha incrementado considerablemente del 0,04% del PIB en

[1] IEA (2001), Tabla de Principales Resultados, pp. 27–28.

Universidad de Huelva 2009

1983 al 0,22% en 1998, los datos son claramente inferiores al 0,47% del conjunto de la economía española y el 0,69% de Cataluña, pero especialmente por debajo del 1,15% de la Unión Europea, el 1,45% de la OCDE y Francia, el 1,5 de Alemania y el casi 2% de Estados Unidos y Japón.

Además, la convergencia hacia las regiones más avanzadas ha sido muy tenue pasando en diez años (de 1986 a 1995) del 56% al 74% respecto a España y al 68% respecto a Cataluña, pero sólo del 19% al 33% de la Unión Europea y del 15% al 29% de la OCDE. Esta convergencia es ligeramente superior para las empresas industriales, especialmente las manufactureras, y más si consideramos todos los gastos en innovación y no sólo los de I+D.

La debilidad del esfuerzo en I+D es superior en las empresas que en los demás agentes de gasto, pues la participación en el total de los gastos en I+D de las empresas está en Andalucía entre el 30% y el 40%, mientras que en el conjunto de España está entre el 48% y el 58%, en Cataluña entre el 605 y el 75% en la UE por encima del 62%, casi en el 70% en la OCDE, cifra que es superada habitualmente en Estados Unidos y Japón. En Andalucía prima como agente de gasto la Universidad, aunque en el capítulo quinto hemos comprobado que no se debe a una hipertrofia de dicho sector, sino a una atrofia del sector empresas.

Estudiar los principales factores que explican este comportamiento requiere un análisis microeconómico de los comportamientos individuales de las empresas. Dicho análisis queda fuera del enfoque que planteamos en la presente Tesis, de corte más agregado. No obstante, se hace aconsejable

Universidad de Huelva 2009

recordar los principales resultados de los estudios más relevantes que sí han abordado enfoques microeconómicos a través de encuestas directas a empresas y que son bastante recientes[2]. De forma muy sucinta, podemos decir que los mencionados estudios detectan que:

- Un 38% de las empresas andaluzas afirman que la presión competitiva que perciben es escasa o moderada[3].

- El sistema productivo andaluz se encuentra especializado en el sector servicios, fundamentalmente en los sectores más tradicionales (comercio) y expuestos a las variaciones de la demanda exterior (turismo), sin que haya existido un proceso de evolución desde los sectores primario y secundario como resultado de un proceso de desarrollo económico[4].

- En Andalucía nunca ha existido un proceso de desarrollo industrial en sentido estricto. Además, las empresas industriales en Andalucía se

[2] Entre estos estudios destacamos JAUMANDREU (2000) para el conjunto de España, a través de los resultados de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales, realizada por la Fundación Empresa Pública y editada por el Ministerio de Industria y Energía. En cuanto se refiere a la economía andaluza destacamos POMARES (1998), realizada a partir de los resultados de una encuesta directa a empresas en el marco de su Tesis Doctoral, para el comportamiento en materia de innovación de las empresas andaluzas. Igualmente referidos a Andalucía son SÁNCHEZ VIZCAÍNO (1998), quien se centra especialmente en la estructura dimensional de las empresas innovadoras y LANDA, PALMA, *et al.* (2001), quienes estudian los aspectos relacionados con la tecnología en el marco de un análisis mucho más amplio sobre la investigación comercial, también en este último caso a partir de una encuesta directa a empresas, diseñada *ad hoc*. También DÍEZ DE CASTRO (1995) coordina un amplio estudio sobre la empresa industrial en Andalucía.

[3] *Ibidem*, p. 54.

[4] DÍEZ DE CASTRO (1995), pp. 55–56.

Universidad de Huelva 2009

concentran en sectores de actividad, cuyas características les hacen ser poco propensos a realizar innovaciones[5].

- Entre las empresas innovadoras, son más numerosas las pequeñas que las grandes. No obstante, el peso de las pequeñas empresas entre las innovadoras, entorno al 30%, está muy por debajo del 95% que representan en el conjunto del tejido productivo industrial[6].

- Además, el tamaño, ya se mida en número de empleados o en volumen de ventas, determina el nivel de tecnología que utilizan las empresas. Las empresas con bajos niveles tecnológicos son en un 90% de menos de 50 trabajadores y el 100% tienen volumen de ventas inferiores a 1.000 millones de pesetas. Ninguna gran empresa (más de 250 trabajadores o más de 7.000 millones de pesetas de volumen de ventas) tiene niveles bajos. No obstante, las grandes empresas tampoco tienen niveles tecnológicos "muy altos"; se posicionan por tanto en los niveles "alto" y "relativamente alto". Algo parecido ocurre con el tipo de innovación, el 90% de las empresas que afirman que es "nulo" son pequeñas, sin que tampoco se encuentran grandes empresas en esta categoría. Igualmente, las grandes empresas tampoco se caracterizan por realizar innovaciones "totales", mientras que más de la mitad de las empresas que afirman haber realizado "innovaciones totales" son pequeñas[7].

---

[5] POMARES (1998), p. 34.

[6] POMARES (1998), pp. 42–43. Véase también SÁNCHEZ VIZCAÍNO (1998), quien llega a conclusiones semejantes.

[7] LANDA, PALMA *et al.* (2001), pp. 69–75.

Universidad de Huelva 2009

- De las empresas catalogadas como innovadoras exporta el 53%, mientras que la media es de sólo el 0,5% del total de empresas andaluzas[8].

- La cooperación de las empresas en materia de I+D es muy reducida. Sólo 161 empresas cooperan con el resto de España, 121 con países de la Unión Europea y 14 con Estados Unidos y tan sólo 164 participan en programas de I+D e innovación[9]. Como muestra Aguado[10], en Andalucía la "propensión a cooperar" aumenta en las empresas que exportan más del 25% de su volumen de negocios, en los sectores de mayor complejidad tecnológica y con la existencia de departamentos de I+D. Las características de la industria andaluza no son por tanto muy proclives ni a la innovación ni tampoco a la cooperación.

De estos puntos puede deducirse que las empresas innovadoras suelen ser empresas que alcanzan al menos un tamaño crítico (aunque no excesivo si se trata de niveles muy altos de innovación), que están preocupadas por la competencia en los mercados internacionales y que perciben la tecnología como una manera sobrevivir en el mercado. Por el contrario, el prototipo de la empresa predominante en Andalucía es de tamaño pequeño, que no se considera demasiado amenazada por el entorno, especializada en sectores productivos tradicionales, en los que la innovación es poco frecuente, y que no se siente amenazada por la competencia internacional.

---

[8] POMARES (1998), p. 40. Por empresas innovadoras entiende aquellas que forman parte de la muestra que ha servido de base para realizar su encuesta. Dicha muestra incluye las empresas catalogadas en el Inventario de Recursos Tecnológicos de Andalucía (IRTA) y el Parque Tecnológico de Andalucía (PTA) en Málaga.

[9] IEA (2001). *Encuesta sobre Innovación en las Empresas. Resultados para Andalucía.*

[10] Véase AGUADO (1999 y 2000) para un estudio más detallado de estas cuestiones.

Universidad de Huelva 2009

Como resultado, el nivel de "concienciación tecnológica" es muy bajo en las empresas andaluzas (en un 95% pequeñas empresas), aunque es bastante mayor en el número residual (no llegan al 1%) de grandes empresas.

En un contexto en que la globalización de los mercados está rápidamente pasando de ser un fenómeno de estudio a convertirse en una realidad palpable, apoyada en gran medida por la difusión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la importancia de incorporarse y seguir el "ritmo tecnológico" es extraordinariamente mayor de lo que ya lo era en el pasado. Si se nos permite el símil, al igual que Alicia en el País de las Maravillas, se trata de seguir la "carrera tecnológica" no ya para avanzar posiciones sino, esencialmente, para no perderlas.

Por todo ello, resulta imprescindible realizar una importante labor de formación y concienciación en materia de investigación, innovación y cambio tecnológico, de forma que se generalice un nivel razonable, no sólo de formación científica y tecnológica, sino especialmente de "cultura tecnológica", que fomente la participación activa de todos los agentes económicos implicados en el proceso. En el caso de Andalucía, el mayor esfuerzo debe dirigirse hacia los agentes privados, que son los más deficitarios en la mencionada cultura tecnológica.

Pero, por otro lado, resulta igualmente imprescindible arbitrar los mecanismos necesarios para que las pequeñas empresas, predominantes en nuestro tejido productivo, puedan vencer las limitaciones con las que se enfrentan para innovar; en especial la falta de recursos, financieros y

Universidad de Huelva 2009

humanos, pero también intangibles[11], su baja base tecnológica y su mayor dificultad para cumplir las normativas oficiales.

Además, si la decisión de realizar actividades de I+D está fuertemente relacionada con la pertenencia a un sector de alta intensidad tecnológica y con el nivel de gasto en I+D realizado por el conjunto de dicho sector[12], la caracterización que hemos hecho de las empresas andaluzas resulta desalentadora. En este sentido, resulta imprescindible fomentar las actividades de I+D, de forma que se cree la masa crítica necesaria para incentivar la realización de este tipo de actividades por parte de las empresas. Se trata no sólo de incrementar los gastos públicos en I+D, sino de incrementar la proporción de dicho gasto ejecutada por las empresas y de fomentar los instrumentos que permitan abordar con garantías y de forma razonablemente sistemática las actividades innovadoras en las empresas de menor tamaño.

En esta línea cobran un gran interés cuestiones como los consorcios tecnológicos, las consultorías y asesorías tecnológicas y otras actividades de servicios tecnológicos y de investigación. Igualmente la cooperación entre empresas en materia de I+D e innovación resulta un mecanismo de gran interés potencial, en especial como mecanismo que suple las carencias de recursos de diversa índole de las pequeñas empresas. Es decir, deben fomentarse aquellos elementos que favorezcan la cooperación entre empresas. Entre estos elementos se encuentran la propensión a exportar, la

[11] Véase GALENDE y SUÁREZ (1998) para un estudio que muestra que la influencia de la disponibilidad de recursos intangibles es más determinante que la de recursos financieros en la decisión de realizar actividades de I+D.

[12] Véase GALENDE y SUÁREZ (1998), para un estudio más detallado.

Universidad de Huelva 2009

existencia de departamentos de I+D, la percepción de ayudas públicas y la experiencia en la gestión de proyectos conjuntos, junto a otros como la complejidad tecnológica del sector y la realización de actividades de I+D de forma poco frecuente[13]. No se trata, obviamente, de aumentar la complejidad tecnológica de los sectores productivos en Andalucía, pero sí probablemente de establecer ayudas para la creación de centros conjuntos de I+D, centros de servicios de I+D, facilitar el acceso a los mercados internacionales, apoyar técnicamente la gestión de proyectos conjuntos y potenciar la adopción o incorporación a las empresas de las tecnologías más avanzadas en cada sector.

Como ya hemos señalado más arriba, uno de los efectos del cambio en la concepción del progreso científico y tecnológico y la innovación ha sido la percepción de la necesidad de llevar a cabo políticas públicas que promuevan y favorezcan todas las actividades con ellos relacionadas. La justificación para ello proviene, en primer lugar de la existencia de fallos del mercado en la asignación de recursos a la innovación[14]. Estos fallos se hacen si cabe más patentes en el caso de predominio de pequeñas empresas en el sistema productivo como es el caso de Andalucía, a los que hay que añadir dificultades adicionales como el acceso a la información, las limitaciones organizativas, de dirección y de capital humano, la necesidad de movilizar un volumen de recursos relativamente grande y un volumen

[13] Véase AGUADO (1999 y 2000) para un estudio más detallado de estas cuestiones.

[14] La existencia de beneficios sociales de los costes privados de investigación ya fue señalada por GRILICHES (1958) y *posteriormente* reexaminada por diversos estudios entre los que destacamos ARROW (1962) MANSFIELD (1985), MANSFIELD *et al.* (1977), PAVITT (1991), ROSENBERG (1990).

Universidad de Huelva 2009

de producción demasiado pequeño para aprovechar todas las potencialidades derivadas de la innovación.

Pero, en segundo lugar, no debemos olvidar tampoco que el cambio tecnológico tiene una gran influencia en el proceso de crecimiento y desarrollo económicos. Desde que a mediados del siglo pasado se iniciasen los estudios sobre la proporción del crecimiento económico que no podía explicarse por un aumento de las dotaciones de factores y por tanto debía atribuirse a un factor residual, precisamente el progreso tecnológico[15], han sido varios los estudios que se han hecho al respecto. Dichos estudios se han realizado para diferentes períodos y diferentes países, y han utilizado diferentes variables para medir tanto el progreso tecnológico como el crecimiento económico[16]. Las cifras obtenidas son lógicamente diferentes, pero en todo caso otorgan un papel fundamental al famoso "residuo" o progreso tecnológico, entre el 30% y el 70%, aunque por lo general lo sitúan en torno al 50%.

En esta situación, resulta aconsejable volver la vista hacia un trabajo muy reciente en el que se reseñan los principales resultados tanto de las mediciones tradicionales, como los obtenidos con técnicas mucho más avanzadas y sofisticadas[17]. De dicho trabajo se pueden extraer algunas conclusiones muy interesantes. En primer lugar, considerando como

[15] SOLOW (1957).

[16] Entre estos estudios destacamos los de KENDRICH (1973), JORGENSON *et al.* (1987), MANSFIELD (1991), GRILICHES (1994), BOSKIN y LAU (1996) y VON TUNZELMAN (2000).

[17] Nos referimos a KYRIAKOU (2002), quien reseña desde el trabajo de Solow hasta los más recientes, que distinguen los resultados cuando se consideran como factores de la producción sólo trabajo y capital, sino también el capital humano y el capital en I+D. De esta forma se

Universidad de Huelva 2009

factores de la producción capital, trabajo y capital humano, para los países más ricos, precisamente los que forman el G–7, el progreso técnico explica aproximadamente la mitad de su crecimiento económico entre 1960 y 1990, con un mínimo del 47% para el Reino Unido y un máximo de casi el 70% para Italia. En segundo lugar, la parte de este porcentaje que se puede atribuir al capital de I+D, cuando se incluye como un cuarto factor de producción, varía, en torno al 10%, entre el 8% del Reino Unido y el 16% de Italia. Pero en todo caso, el progreso técnico sigue siendo responsable de entre el 40% y el 50% del crecimiento económico. Por último, también constata que el papel de la I+D es muy inferior en los nuevos países industrializados del sudeste asiático de lo que lo es para los países del G–7. Esta conclusión enlaza directamente con los resultados de von Tunzelman, quien considera que el elemento verdaderamente relevante para el crecimiento económico no es la producción de innovaciones, sino la extensión de su uso en el conjunto del sistema productivo, ya sean producidas en el interior o importadas[18].

Siendo tan grande la importancia del cambio tecnológico para el crecimiento económico, surge así una muy poderosa razón para incrementar la atención prestada por las autoridades regionales, nacionales y europeas a la promoción de la innovación y el progreso tecnológico como instrumento que ayude a alcanzar otros objetivos superiores en la política económica, como son la cohesión y la convergencia de las regiones más pobres (especialmente las calificadas como "Objetivo nº 1" por la Unión Europea) hacia las más ricas. De hecho, "independientemente de las

depura considerablemente la composición de ese "cajón de sastre" que era el residuo de Solow.

[18] VON TUNZELMAN (2000).

Universidad de Huelva 2009

relaciones de causalidad que puedan establecerse entre los niveles de desarrollo regionales y sus potencialidades tecnológicas, en las regiones españolas hay una estrecha relación entre rentas per cápita y productividades regionales con los principales indicadores tecnológicos regionales"[19].

En este punto, la teoría neoclásica nos indicaría que no es necesaria ninguna acción especial de política económica, pues los salarios más bajos existentes en las regiones pobres atraerían a las empresas de las regiones más ricas, que encontrarían oportunidades de beneficio en las regiones pobres. El resultado sería una convergencia gradual de los niveles de renta, producción y empleo de las regiones más pobres hacia los de las regiones más ricas. Sin embargo, estas previsiones no sólo son cuestionadas por diversos autores, sino que son fuertemente contradichas por la realidad[20].

Encontramos una línea de argumentación contraria a la neoclásica a partir del trabajo de Dieter Biehl[21], quien demuestra que las posibilidades de desarrollo de una región atrayendo empresas de las regiones más ricas dependen del diferencial existente entre productividad y salarios en cada región y no del diferencial en el nivel de salarios entre las dos regiones. Las regiones más pobres, con niveles más bajos tanto de salarios como de productividad, sólo podrán atraer aquellas actividades para las que la

[19] ACOSTA y CORONADO (1998), p. 9.

[20] Véase LANDABASO (1996, 1997 y 1998), quien demuestra que mientras de 1985 a 1998 la renta media de los países pobres ha convergido desde el 66% al 76% de la media de la Unión Europea, en el caso de las regiones Objetivo nº. 1 esta convergencia ha sido sólo del 66% al 68% y del 37% al 40% de la renta media de las regiones más ricas. Esto le lleva a afirmar que en vez de buscar la convergencia de los países europeos a la media de la Unión sería necesario buscar la convergencia dentro de dichos países.

Universidad de Huelva 2009

relación entre productividad y salarios sea menor que uno en las regiones ricas y mayor que uno en las pobres, independientemente de los niveles de salarios relativos.

En la medida en que una demanda de trabajo creciente eleve los costes unitarios del trabajo por encima de la productividad, las empresas se desplazarán hacia otras regiones en las que encuentren relaciones de salarios inferiores a la productividad, de nuevo independientemente de cuáles sean los niveles relativos de salarios entre las regiones.

Esta relación entre formación, capital humano, cambio tecnológico, niveles de salarios y convergencia y cohesión regional ha sido también abordada desde la llamada "Teoría de la Geografía y el Comercio". Desde esta perspectiva, puede demostrarse que el progreso técnico genera un doble efecto sobre los salarios [22]. Por un lado, provoca un incremento en los salarios existentes en las industrias que producen los bienes de alto contenido tecnológico y requieren el empleo intensivo de trabajadores altamente cualificados y especializados, con elevados niveles de formación y capital humano. Pero por otro, provoca simultáneamente una reducción en los niveles salariales de las industrias que producen los bienes de bajo contenido tecnológico, empleando de forma intensiva trabajadores con bajos niveles de especialización y cualificación y escasa formación y capital humano.

Pero, ¿por qué los diferenciales de salarios no atraen a las empresas y actividades más avanzadas tecnológicamente hacia las regiones pobres,

[21] BIEHL (1988).

[22] Véase KRUGMAN (1995) para una exposición detallada de estos aspectos.

Universidad de Huelva 2009

como pretende la teoría neoclásica, favoreciendo así la convergencia? Dos son las respuestas a estas cuestiones, una desde la Geografía y el Comercio, la otra desde la Economía Industrial. En primer lugar, desde la Teoría de la Geografía y el Comercio se insiste en la existencia de externalidades en las decisiones de localización, debidas a las interrelaciones existentes entre las empresas. Es decir, existen externalidades positivas para una empresa tecnológicamente avanzada si se instala donde ya hay otras empresas tecnológicamente avanzadas, lo que a su vez incrementa las externalidades positivas tanto para las empresas ya instaladas como para las que lo hagan en el futuro[23]. Estas externalidades surgen de la posibilidad de encontrar proveedores especializados de bienes intermedios en cantidad, calidad y tiempo suficientes y a unos costes razonables; de hecho, aproximadamente las dos terceras partes del output de las industrias manufactureras son lo que llamamos bienes intermedios. Dichos bienes intermedios, que permiten a las empresas reducir costes y ganar en productividad y competitividad, son difíciles de encontrar en regiones en las que no exista esa masa crítica previa de empresas de alta tecnología. Esto justifica que las empresas tiendan a localizar sus actividades productivas de alta tecnología en las regiones más ricas y sólo desplacen a las más pobres, en busca de diferenciales de salarios, aquellas de bajo contenido tecnológico, que no requieren disponer de proveedores bienes intermedios especializados, sino aquellos que es fácil encontrar en cualquier región. En caso contrario, los costes de transporte de los bienes intermedios especializados podrían superar las hipotéticas ganancias en salarios.

[23] Véase KRUGMAN y VENABLES (1995) para una exposición detallada de los aspectos generales que resumimos aquí.

Universidad de Huelva 2009

Por otro lado, y desde la perspectiva de la Economía Industrial se insiste en los efectos de la escasez de cualificación y capital humano especializado, el carácter implícito o "no codificado" del conocimiento y la movilidad imperfecta de trabajadores como justificación de esas externalidades, que explican por qué las empresas sólo desplazan a las regiones pobres, en busca de diferenciales de salarios, las actividades productivas de bajo contenido tecnológico[24]. Desde esta perspectiva, la tecnología disponible por cada empresa expresa la relación entre calidad y costes de producción que es capaz de obtener. Sabiendo que mayores niveles de calidad implican mayores costes y por tanto menor productividad, es posible encontrar una relación de intercambio entre calidad y productividad. La tecnología, define por tanto la relación entre calidad y productividad que es capaz de alcanzar cada empresa. El efecto visible del cambio tecnológico es que permite obtener mayores niveles de calidad y productividad. Las empresas que sean capaces de obtener un nivel dado de calidad con mayores niveles de productividad lograrán beneficios superiores a las que lo obtengan con costes más elevados, es decir, con menor productividad. Las empresas que no sean capaces de obtenerlo a un determinado nivel de productividad (por debajo de un techo de coste) se verán expulsadas del mercado. Existe por tanto una ventana de viabilidad para las empresas, cuyo límite superior lo constituye la tecnología más avanzada, mientras que el inferior está determinado por la tecnología más atrasada que es viable en el mercado.

[24] Véase SUTTON (2000) para una excelente exposición de todos estos aspectos.

Universidad de Huelva 2009

Para mejorar su productividad, una empresa puede optar por innovar (mayores gastos de I+D), desplazar partes concretas de su producción a productores especializados de bienes intermedios o reducir los costes salariales. El tercer elemento reductor de costes podría consistir en desplazar la producción hacia regiones más pobres con niveles de salarios más bajos. La razón para que las empresas no hagan semejante desplazamiento está en que la capacidad de una empresa para utilizar las tecnologías más avanzadas, que permiten obtener mayores niveles de calidad y productividad, no depende sólo de sus derechos de propiedad industrial. Una parte de esa capacidad está incorporada en el capital humano de que disponen en forma de conocimiento tácito. Cuando la movilidad de los trabajadores es imperfecta, pueden surgir pérdidas de capital humano si no es posible desplazar a los trabajadores especializados cuya cualificación y capital humano (conocimientos codificados y tácitos) son críticos para poder desarrollar o no la nueva tecnología.

En tales casos, una hipotética reubicación de la actividad productiva en las regiones pobres (con salarios más bajos y también con menores niveles de cualificación y capital humano), generaría una pérdida de conocimiento tácito que se traduciría en mayores costes (en dinero y/o en tiempo) para (re)aprender o (re)inventar este conocimiento tácito en las regiones más pobres. Estos costes podrían superar las posibles ganancias obtenidas con los salarios más bajos. Y si esto es así, las empresas preferirán incrementar sus gastos en I+D en vez de reubicar su actividad productiva de alta intensidad tecnológica. Por el contrario, sí que desplazarán la producción de aquellas actividades de menor contenido tecnológico, que no requieren trabajadores demasiado especializados, en

Universidad de Huelva 2009

las que no hay trabajadores críticos para utilizar la tecnología de producción necesaria y no se experimentan pérdidas de capital humano (ni costes excesivos) al trasladar la producción. Pero estas actividades tienen salarios reales más bajos que las de alta intensidad tecnológica, por lo que los diferenciales de salarios y de renta entre las regiones persistirán.

Por otro lado, las actuales tendencias a la globalización, hacen que la competencia en precios se incremente, por lo que la viabilidad de las tecnologías más atrasadas se reduce considerablemente; la ventana de viabilidad se estrecha. Por otro lado, a medida que se producen innovaciones la relación entre calidad y productividad se incrementa; el límite superior de la ventana de viabilidad se desplaza hacia fuera. Es decir, el resultado conjunto de globalización y progreso tecnológico es un desplazamiento continuo de la ventana de viabilidad. Aquellas empresas que no sean capaces de seguir el ritmo del progreso técnico pronto se quedarán fuera de la ventana, es decir, fuera del mercado.

Desde la perspectiva de la Economía Regional, nos interesa saber que la capacidad de una región para converger hacia los niveles de renta de las regiones más ricas va a depender de la capacidad que tenga para atraer o desarrollar empresas de alta capacidad para producir con elevados niveles de calidad y productividad. Y dicha capacidad va a depender de sus dotaciones en infraestructuras y equipamiento colectivo, de su sistema educativo y formativo, de su nivel de I+D y su capacidad tecnológica y de las características de la estructura tecnológica de su sistema productivo. Una región especializada en la producción con baja intensidad tecnológica difícilmente podrá converger hacia las regiones más ricas, especializadas

Universidad de Huelva 2009

en la producción con alto contenido tecnológico. Es más, a medida que la ventana se desplaza, corre el riesgo de empobrecerse cada vez más.

La principal conclusión de este análisis es que las regiones que se especialicen en producciones de bajo contenido tecnológico y por tanto de reducidas exigencias en cuanto a la capacitación del factor trabajo se verán obligadas a tener niveles de salarios relativamente bajos para mantener una relación respecto a la productividad que sea atractiva para las empresas. Si como resultado de una integración en una unión económica, o por cualquier otra causa, los salarios de las regiones más pobres tienden a acercarse a los de las más ricas, perderán la ventaja que tenían y dejarán de ser atractivas para las empresas, que volverán a desplazarse hacia otras regiones.

En tal caso, las regiones más pobres sólo podrán mantener su nivel de actividad y simultáneamente alcanzar niveles más altos de salarios si consiguen incrementar la productividad. Para ello es necesario que incrementen sus dotaciones en infraestructuras y equipamiento colectivo, en especial el capital humano y el capital de I+D, pero también el marco institucional y determinados recursos intangibles como pueden ser la existencia de un tejido productivo suficientemente estructurado e interconectado, con capacidad para asimilar y absorber producciones de mayor complejidad técnica y generar bienes y servicios de mayor calidad.

Desde esta perspectiva, los resultados que encontramos en Andalucía no pueden ser menos que preocupantes. Por un lado la integración en la Unión Europea tiende a reducir cualquier ventaja en costes salariales que pudiera haber existido en el pasado. De otra parte, como hemos visto en el Capítulo 4, a partir de la segunda mitad de la década de 1980 se han

Universidad de Huelva 2009

incrementado sustancialmente tanto las inversiones en infraestructura y equipamiento colectivo, como los fondos destinados a la I+D, lo que representa un importante avance y debería contribuir a la mejora de la productividad de las empresas Andaluzas. Sin embargo, como hemos visto en el Capítulo 5, el peso de las empresas en la ejecución del gasto en I+D es extraordinariamente reducido, tanto respecto a España como respecto a los países más avanzados; además hemos comprobado también que no se ha producido una convergencia en los niveles de esfuerzo investigador de Andalucía, con respecto a las regiones y países más avanzados.

Es decir, a pesar del importante esfuerzo realizado, no se ha conseguido reducir significativamente las diferencias respecto a las áreas más ricas. Esto implica que el mantenimiento del nivel de actividad (y de ocupación) sólo será posible si se mantiene el diferencial en niveles de salarios y por tanto en niveles de renta. La convergencia hacia las regiones más ricas resulta muy difícil. Además, un proceso de ampliación de la UE hacia el Este podría detraer fondos estructurales y de cohesión a favor de los países de nueva incorporación, lo que obligará a Andalucía a poner mucho más énfasis en las mejoras de productividad para mantener su competitividad y permitir al mismo tiempo convergencia en los niveles salariales.

Ante estas perspectivas se hace imprescindible intensificar el esfuerzo para alcanzar los niveles de infraestructuras y equipamiento colectivo, capital en I+D y capital humano que permita converger en capacidad de absorción de tecnología, productividad, empleo y riqueza con las regiones más ricas. Siendo esto así, se hace aún más patente la necesidad de

Universidad de Huelva 2009

intensificar todas las políticas que favorezcan la innovación y el progreso tecnológico en Andalucía, al igual que en cualquier otra región. Entre esas políticas no sólo encontramos las de I+D, sino también todas aquellas que favorecen la incorporación de innovaciones y mejoras tecnológicas generadas en el exterior, las políticas de formación continua e incremento del capital humano y la cualificación de los trabajadores, las políticas industriales que favorezcan la estructuración del sistema productivo y el fortalecimiento del entramado empresarial, y la creación y mantenimiento de infraestructuras y equipamiento colectivo. Esta necesidad debe, además, entenderse en un doble sentido. Por un lado, resulta necesaria para avanzar en la convergencia y la cohesión hacia las regiones más ricas. Pero por otro, y quizás esto sea lo más importante, es imprescindible para no alejarnos de los niveles existentes en esas regiones más ricas y, sobre todo, no vernos rebasados por otras regiones pobres.

Si no se llevasen a cabo dichas políticas, Andalucía se vería condenada a mantener una estructura productiva del tipo que describe el equipo de investigación dirigido por Díez de Castro[25], en que predominan los sectores tecnológicamente más estancados y poco proclives a desarrollar o incorporar innovaciones. El resultado sería una especialización en actividades productivas "poco lucrativas" tanto para las empresas como para los trabajadores, que obligarían a mantener bajos niveles de salarios y de beneficios, pues en caso contrario las empresas reubicarían su actividad en otras regiones. El enorme peligro de semejante

[25] DÍEZ DE CASTRO (1995).

Universidad de Huelva 2009

especialización es que elimina toda hipotética fuente de convergencia hacia los niveles de renta de las regiones más ricas.

Desde la perspectiva de Andalucía, merece la pena volver la vista a los resultados que hemos encontrado en el Capítulo 5 respecto a la evolución de los requerimientos de inputs intermedios. Entre 1975 y 1990 hemos encontrado un proceso de desvertebración del sistema productivo como resultado de los cambios en la estructura tecnológica, como se refleja en una reducción, especialmente drástica entre 1970 y 1980, de los requerimientos de inputs intermedios necesarios para satisfacer la demanda final. Esto ha minado extraordinariamente la ya de por sí escasa capacidad de la industria andaluza para atraer empresas tecnológicamente avanzadas, al ofrecer un sistema productivo cuya estructura se alejaba cada vez más de la que dichas empresas necesitan.

Sin embargo, entre 1990 y 1995 se invierte la tendencia y encontramos un incremento moderado de los requerimientos de inputs intermedios. Esto significa una mejora relativa de la vertebración del sistema productivo, que incrementa la capacidad del sistema productivo andaluz para atraer algunas empresas tecnológicamente más avanzadas. Pero esta mejoría es claramente insuficiente. Por un lado, como lo demuestra que la variación porcentual positiva entre 1990 y 1995 (ligeramente por debajo del 25%) es claramente inferior a la evolución negativa acumulada de casi el 115% entre 1975 y 1980 y el 35% entre 1980 y 1990. Pero por otro, porque como ya hemos señalado, una gran proporción de las empresas andaluzas no tienen previsto incorporar las tecnologías más avanzadas de la producción por no considerarlas aplicables

Universidad de Huelva 2009

a sus necesidades. Por mucho que se incrementen los requerimientos de inputs intermedios totales, estas empresas difícilmente serán capaces de producir los bienes intermedios de calidad y contenido tecnológico que precisan las empresas de alta tecnología.

En función de cuanto acabamos de ver y de los datos expuestos en los capítulos cuarto y quinto de esta Tesis, podemos apuntar que, a pesar del creciente esfuerzo en I+D realizado en Andalucía, éste sigue siendo insuficiente para lograr la convergencia hacia las regiones más ricas. Para ello resulta imprescindible incrementar los niveles de gastos en I+D y aproximarlos progresivamente a la media nacional, primero, a la media de la Unión Europea, después y finalmente a la media de las regiones más avanzadas. Este mayor volumen de I+D debe realizarse por un doble motivo. Por un lado, para ser capaces de seguir el ritmo de la carrera tecnológica y estar en condiciones de, al menos, poder asimilar rápidamente los avances e innovaciones que se generen en cualquier otra región. Sólo así las empresas andaluzas lograrán mantenerse dentro de la anteriormente mencionada ventana de viabilidad. Y por otro, para ser capaces de generar innovaciones, especialmente en aquellos sectores en los que Andalucía cuente con alguna ventaja comparativa.

En segundo lugar debe redoblarse el esfuerzo en la creación de capital humano en todos los niveles formativos y en todas las cualificaciones profesionales[26]. No se trata de engrosar las cifras de titulados en los

[26] Recordemos que GALENDE y SUÁREZ (1998) encontraron que la capacidad de innovación (y en especial sobre la propensión a realizad I+D) en las empresas depende mucho más de la disponibilidad de recursos y capacidades internos (capital humano, recursos intangibles, nivel medio de salarios, entre otros) que de factores externos, entre los que el más influyente es el nivel de I+D del sector, por encima incluso de los recursos financieros.

Universidad de Huelva 2009

distintos niveles, sino de incrementar la calidad de la formación y la capacitación que tienen los alumnos al final de los diferentes ciclos formativos. Es especialmente importante hacer hincapié en la formación profesional, de forma que se pueda contar con personal técnico suficientemente cualificado no sólo en los cuadros superiores sino en todas las categorías profesionales. Y aquí, la formación reglada no debe ser el límite. Tan importante como ella es la formación continua y el aprendizaje a través de prácticas en empresas. La movilidad de los estudiantes (y de los trabajadores) hacia centros formativos y empresas en regiones más avanzadas es un poderoso mecanismo para lograr este objetivo.

La mejora en la dotación de infraestructuras y equipamiento colectivo es otra necesidad que debe atenderse desde la política pública. En este sentido, los Parques Tecnológicos constituyen una oferta de muy alta calidad. Pero debemos recordar que estos complejos no bastan por sí solos para generar o atraer empresas tecnológicamente avanzadas. Éstas sólo se instalarán en Andalucía si, además de contar con las mencionadas infraestructuras y equipamiento colectivo pueden disponer de capital humano suficientemente cualificado y de una estructura productiva adecuada a sus necesidades, que les pueda proveer de los inputs intermedios necesarios. En caso contrario, los Parques Tecnológicos serán poco más que áreas de suelo urbano de uso no residencial, eso sí, con la máxima calidad en cuanto a la dotación de infraestructuras de las tecnologías avanzadas, especialmente de información y comunicación.

Así llegamos a un elemento crucial para la política tecnológica. La necesidad de crear una estructura productiva favorable a la innovación.

Universidad de Huelva 2009

Esta estructura requiere un elevado grado de interrelación entre las distintas empresas y sectores productivos, de forma que las innovaciones incorporadas por cada uno se trasladen al conjunto de la economía y al mismo tiempo sirvan de incentivo para que las demás empresas y sectores realicen también otras innovaciones. Sólo de esta forma surgirán las externalidades positivas que permitirán a Andalucía entrar en un círculo virtuoso de innovación tecnológica y desarrollo económico.

Esta estructuración del sistema productivo no puede realizarse desde arriba, sino que debe hacerse desde abajo. Es decir, no podemos pretender atraer empresas de altísima intensidad tecnológica sin antes haber creado la red productiva que haga la economía andaluza atractiva para este tipo de empresas. Debe comenzarse por crear las condiciones que vinculen a las empresas andaluzas con la realización de I+D y especialmente con la adopción de innovaciones. Para ello resulta necesario actuar en diferentes líneas:

- Hay que reducir el porcentaje de empresas que no consideran aplicables las nuevas tecnologías de la producción. Esto requiere, por un lado, una labor de formación tanto de los empresarios, para que tomen consciencia de las ventajas de incorporar la tecnología y de los riesgos de no hacerlo (quedarse fuera de la ventana de viabilidad), como de los trabajadores, para que la adopción de la tecnología pueda hacerse efectiva. El que los gastos de formación en Andalucía representen sólo el 0,8% de los gastos totales de innovación resulta preocupante. Pero por otro, requiere una adaptación de esas nuevas tecnologías para hacerlas más fácilmente

Universidad de Huelva 2009

aplicables a la realidad y las necesidades de las empresas andaluzas, que como hemos visto son en un 95% de tamaño pequeño o mediano.

- Resulta necesario hacer especial hincapié en las empresas productoras de bienes intermedios, para que adopten las nuevas tecnologías con mayor rapidez y se sitúen así en la ventana de viabilidad. Si atendemos a los datos de procedencia de los inputs de los sectores potencialmente innovadores, presentados en al capítulo quinto, observamos como las fuentes de aprovisionamiento son fundamentalmente externas. Y ello no sólo para los inputs intermedios de alta intensidad tecnológica, sino también para los de mediana y baja intensidad. De hecho, el 80% de los inputs intermedios andaluces son de escasa o nula intensidad tecnológica. Todo esto supone una merma de la competitividad andaluza frente a otras regiones y frena extraordinariamente las posibilidades de desarrollo y atracción de empresas para su hipotética instalación en Andalucía.

- En este apartado, las mayores dificultades para la industria andaluza se centran en la adopción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), precisamente un sector que se está mostrando clave para el desarrollo futuro. Las acciones en esta línea deben ser también importantes. Este hecho queda de manifiesto en la Encuesta sobre Innovación en las Empresas, que refleja que en la industria andaluza, el 46% de los gastos en innovación se destina a la adquisición de maquinaria y equipo, mientras que sólo el 0,78% se destina a la adquisición de tecnología inmaterial y software. Esto es compatible con el hecho, destacado en el Capítulo 5, de que se haya mantenido un

Universidad de Huelva 2009

crecimiento continuado en los requerimientos de inputs intermedios procedentes de los sectores de maquinaria y equipo, especialmente eléctrico y electrónico, pero no en los de telecomunicaciones e informática.

- Además, es necesario potenciar la cooperación de las empresas en cuestiones de innovación y de I+D, aunque mantengan su competencia en los mercados. A veces esto se puede conseguir fomentando empresas de servicios tecnológicos avanzados, que sean capaces tanto de generar innovaciones útiles para las empresas andaluzas como de adaptar las innovaciones exteriores para hacerlas útiles para las empresas andaluzas.

- Debe favorecerse el acceso de las empresas andaluzas a los mercados internacionales. Esto podría tener un doble efecto positivo. Por un lado, como ya hemos señalado, las empresas exportadoras tienen una mayor propensión a realizar innovaciones, probablemente espoleadas por la competencia exterior. Pero por otro, el acceso a esos mercados les proporcionará un importante volumen de relaciones de input y de output, que les permitirán incrementar sustancialmente su conocimiento tácito. Este mayor conocimiento tácito les otorgará una mayor capacidad de absorción y de generación de innovaciones y surgirán así externalidades positivas para las demás empresas andaluzas que mantengan relaciones comerciales o que compitan con ellas.

- Lógicamente, el acceso a los mercados internacionales sólo es posible para empresas con suficiente capacidad para ofrecer una relación calidad–productividad que esté dentro de la ventana de viabilidad en cada momento, por lo que deberá ayudarse a las empresas para que se

Universidad de Huelva 2009

mantengan dentro de dicha ventana. Como los recursos son limitados, deberá prestarse especial atención a las características peculiares de cada sector productivo para priorizar adecuadamente aquellos en los que debe centrarse el esfuerzo; precisamente aquellos en los que sea posible alcanzar una mayor efectividad. Es decir, no se trata de hacer de Andalucía una potencia en todos los sectores productivos, sino de posicionarla adecuadamente en aquellos sectores en los que se especialice.

- En determinadas circunstancias, puede ser deseable favorecer la instalación de empresas de otras regiones tecnológicamente más avanzadas, para que sirvan de catalizador de la innovación y como fuente de externalidades para el sector de que se trate. De nuevo en este caso deben elegirse cuidadosamente aquellos sectores en que exista una base productiva suficientemente estructurada para que puedan explotarse todas las externalidades y la empresa "adoptada" sea encuentre atractivo mantener su localización en Andalucía incluso cuando desaparezcan las ayudas públicas.

- En todo caso, debe favorecerse la creación de empresas auxiliares, especializadas en la producción de bienes intermedios, que garanticen el abastecimiento de las empresas de los sectores estratégicos (andaluzas o procedentes del exterior), que previamente se han elegido priorizando adecuadamente.

- Además, debe recordarse que el éxito en todas estas cuestiones depende de que se consideren como una cuestión estratégica, a mantener en el tiempo y cuyos logros o fracasos sólo se verán a medio y largo plazo.

Universidad de Huelva 2009

Incluso cuando se encuentren elementos positivos debe mantenerse el esfuerzo. Así, el que, para las empresas innovadoras el 36% de su cifra de negocios y el 49% de sus exportaciones se deba a productos tecnológicamente nuevos o mejorados debe servirnos como guía, no como meta. Esto sólo significa que las empresas innovadoras se comportan relativamente bien, pero recordemos que hemos destacado que su peso en el conjunto del sistema productivo es muy reducido. Además, de ese 36%, el 28,71% se debe a productos que son nuevos para la empresa, no para el mercado. Mantenerse en estos mercados exige ser capaz, al menos, de seguir el ritmo al que otras empresas introducirán innovaciones en el futuro.

- En definitiva, se trata de mantener una adecuada coordinación entre diversas políticas educativas, de empleo, de investigación, tecnológica, de innovación e industrial, de forma que se complementen unas a las otras para lograr el objetivo superior que es el crecimiento y desarrollo económico de Andalucía. Como hemos visto, en las actuales circunstancias, dicho objetivo difícilmente puede obtenerse de espaldas al mercado y al progreso tecnológico.

En cuanto al output del sistema productivo, hemos encontrado una extraordinaria debilidad del mismo a través de las estadísticas sobre patentes, muy superior a las encontradas en el input del sistema y en las actividades de innovación en general. A este respecto hemos apuntado como elementos explicativos la existencia de un posible efecto sede que lleva a asignar la patente a la región donde tiene su sede la empresa en la que se desarrolla. Pero también encontramos la participación muy reducida

Universidad de Huelva 2009

de las empresas andaluzas en los gastos regionales de I+D, es decir, en el input del sistema, mientras que los otros agentes de gasto, las Universidades y Administraciones Públicas, son muy poco propensos a patentar. No obstante, este aspecto no debe ser prioritario a los que hemos señalado con anterioridad, pues en la evolución de las patentes existe un alto componente aleatorio. Además, siguiendo las conclusiones del ya mencionado trabajo de Von Tunzelman[27], lo verdaderamente relevante no es el volumen en que se produzcan las innovaciones (número de patentes), sino el nivel en que éstas se aplican al proceso productivo. Sólo en este caso se genera riqueza, independientemente de dónde se hayan desarrollado las patentes.

Queremos finalizar con una reflexión acerca de la disponibilidad de datos estadísticos. Ya hemos señalado más arriba que resultan cruciales tanto para realizar un adecuado análisis económico como para el diseño, planificación y ejecución de las políticas públicas. En Andalucía, las carencias en estadísticas son muy destacables.

Así, sólo disponemos de una encuesta sobre Actividades de Innovación en las Empresas, con datos de 1998, que no se ha obtenido directamente sino regionalizando los datos de la encuesta correspondiente realizada por el INE para el conjunto de España. Tampoco disponemos de una base de datos bibliométrica ni de patentes, regionalizadas, por lo que estudiar el output del sistema es muy difícil. Igualmente, no tenemos encuestas sobre estrategias empresariales en Andalucía, lo que impide

[27] VON TUNZELMAN (2000).

Universidad de Huelva 2009

saber como planifican las empresas su comportamiento respecto a la innovación y respecto a otros aspectos igualmente importantes.

Sí que disponemos de encuestas valiosas, como las realizadas por POMARES (1998) y AGUADO (1999) para la elaboración de sus respectivas Tesis Doctorales. Sin embargo, dichas encuestas adolecen de falta de continuidad, que investigadores individuales no tienen recursos económicos ni humanos para mantener en el tiempo y que sería deseable que mantuviese el sector público.

En cuanto a las Tablas Input–Output, sólo disponemos de ellas quinquenalmente, mientras que en España su periodicidad es anual. Ello nos obliga a realizar estudios sobre períodos muy amplios y, a veces, no nos permite identificar adecuadamente los factores responsables de los cambios, ya sean positivos o negativos.

Es decir, además de fomentar la innovación en las empresas y la vertebración del sistema productivo regional en las líneas que hemos descrito más arriba, debe prestarse igualmente una importante atención (y realizarse el oportuno esfuerzo) en suministrar datos estadísticos fiables, abundantes y de forma continuada, para facilitar tanto el análisis económico de todos estos aspectos como, especialmente, para la adecuada planificación y ejecución de unas políticas cuyo efecto sobre el desarrollo económico y el bienestar de Andalucía puede ser crucial.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

BIBLIOGRAFÍA

AA. VV. (1992): *Tablas Input-output y cuentas regionales. Teorías, métodos y aplicaciones*. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Sevilla. Sevilla.

ABERNATHY, W. J.; UTTERBACK, J. M. (1975): "A dynamic model of product and process innovation". *Omega*, vol. 3, nº. 6.

ABERNATHY, W. J.; UTTERBACK, J. M. (1978): "Patterns on industrial innovation". *Technology Review*, vol. 80, nº. 3 (June-July), pp. 2–29.

ABRAHAM–FROIS, G. (1974): *Problématique de la croissance*. Économica. París.

ABRAMOVITZ, M. (1956): "Resource and output trends in the United States since 1870", *American Economic Review*, vol. 46, pp. 5–23.

ABRAMOVITZ, M. (1986): "Catching Up, forgoing Ahead, and falling behind". *Journal of Economic History*, vol. 46, nº. 2, pp. 285–406.

ACOSTA, M.; CORONADO, D. (1992a): "Política Regional de I+D en Andalucía: Análisis y Resultados", *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 14, pp. 29–35.

ACOSTA, M.; CORONADO, D. (1992b): "Distribución espacial y políticas regionales de I+D". *Política Científica*, nº. 28, pp. 56–59.

ACOSTA, M.; CORONADO, D. (1998): "Disparidades regionales en los recursos y resultados de la I+D". *XII Reunión Anual ASEPELT-España*. Córdoba. Edición en CD–ROM.

ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. (1987): "Innovation, Market Structure and Firm Size". *Review of Economics and Statistics*, vol. 69, nº 4, pp. 567-574.

ACS, Z. J.; AUDRETSCH, D. B. (1989): "Patent as a Measure of Innovative Activity". *Kiklos*, vol. 42, nº 2, pp. 171-180.

AFRASIABI, A.; CASLER (1991): "Product-mix and Technological change within the Leontief Inverse", *Journal of Regional Science*, Vol. 31, nº. 2, pp. 147–160.

AGHION, P.; HOWITT, P. (1992): "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, vol. 60, 2, pp. 323–51.

AGUADO, R. (1999): *Cooperación en Investigación y Desarrollo Tecnológico de las Empresas Industriales Andaluzas*. Tesis doctoral. Departamento de Economía e Historia de las Instituciones Económicas. Universidad de Huelva. Huelva.

Universidad de Huelva 2009

AGUADO, R. (2000): "Empresas Industriales andaluzas y Cooperación en Investigación y Desarrollo". SEMINARIO "*Análisis Económico del Cambio Tecnológico*". Facultad de ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Sevilla. Sevilla, 18 y 25 de enero de 2000. Mimeo.

AGUADO CORREA, R., POMARES HERNÁNDEZ, I., PALMA MARTOS, L. (1999): "*Empresas industriales andaluzas y cooperación en investigación y desarrollo*". Economía e Historia, pp. 2-26.

AHMAD, S. (1966): "On the Theory of Induced Inventions". *The Economic Journal*, Vol. 76, pp. 344-357.

AMAT NOGUERA, N. (1988). *Documentación Científica y Nuevas Tecnologías*. Pirámide. Madrid.

AMEMIYA, T. (1981): "Qualitative Response Model: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 1 19, pp. 1483–1536.

AMENDOLA, M. (1983): "A change of perspective in the analysis of the production of innovation". *Metroeconomica*, vol. 35, nº. 3, pp. 261–274.

ANDERSEN, E. (1994): *Evolutionary economics: Post-Schumpeterian contributions*. Pinter. Londres.

ANDRÉS, J.; BOSCÁ, J. E. (2000): "Technological differences and convergence in the OECD". *Spanish Economic Review*, vol. 2, pp. 11–27.

AOKI, M. (1986): "Horizontal versus vertical information structure of the firm. *American Economic Review*, vol. 76, nº. 5, pp. 971–983.

ARAGÓN, J. (1999): "Ciencia, innovación y política regional en la Unión Europea". En A. DURÁN (Coord.): *Geografía de la Innovación. Ciencia, tecnología y territorio en España*. Libros de la Catarata. Madrid. Pp. 33–47.

ARCHIBUGI, D. (1988): "In search of a useful measure of technological innovation (to make economists happy without discontenting technologists". *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 34, pp. 253-277.

ARCHIBUGI, D. (1992): "*Patenting as an indicator of technological innovation: a review*". SCIENCE AND PUBLIC POLICY, VOL. 19, Nº 6, PP. 357-368.

ARCHIBUGI, D., CESARATTO, S., SIRILLI, G. (1990): "Sources of innovative activities and industrial organization in Italy". Research Policy, vol. 20, pp. 299-313.

ARCHIBUGI, D.; MICHIE J. (1994): "La internacionalización de la tecnología: mito y realidad". *Información Comercial Española*, nº. 726, pp. 23–43.

Universidad de Huelva 2009

ARCHIBUGI, D.; MICHIE J. (1998): "Technical Change, Growth and Trade: New Departures in Institutional Economics". *Journal of Economic Surveys*, vol. 12, nº 3, pp.313-332.

ARCHIBUGI, D., PIANTA, M. (1992): "*Specialization and size of technological activities in industrial countries: the analysis of patent data*" Research Policy, vol. 21, pp. 79-94.

ARCHIBUGI, D., PIANTA, M. (1996): "*Measuring technological change trough patents and innovation surveys*". Technovation, vol. 16, nº 9, pp. 451-462.

ARROW, K. J. (1962a): "Economic welfare and the allocation of resources for innovation". Traducido como "El bienestar económico y la asignación de recursos para la invención", en N. ROSENBERG (1971): Economía del Cambio Tecnológico. Fondo de Cultura Económica. México, 1979. Pp. 151-167.

ARROW, K. J. (1962b): "The economic implications of learning by doing", *Review of Economic Studies*, vol. 29, pp. 155–73.

ARROW, K. J. (1969): "Classificatory notes on the production and Transmission of Technological Knowledge". *American Economic Review*, vol. 59, nº Mayo, pp. 29–35.

ARTHUR, B. (1989): "Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Small Events". *The Economic Journal*, vol. 99, pp. 116–131.

ARTHUR, B.; ERMOLIEV, Y.; KANIOVSKI, Y. (1987): "Path Dependent Processes and the Emergence of Macrostructure". *European Journal of Operations Research*, pp. 294–303.

ARUNDEL, A. (2001): "The relative effectiveness of patents and secrecy for appropriation". *Research Policy*, vol. 30, pp. 611-624.

ASHEIM, B. T. (1990): "Innovation diffusion and small firms: Between the agency of lifeworld and the structure of systems", en Alderman, N., Ciciotti, E., y Thwaites, A. (eds.) (1990): *Technological change in a spatial context: Theory, empirical evidence and policy*. Springer–Verlag. Berlin. Pp. 37–55.

ATKINSON, A. B.; STIGLITZ, J. E. (1969): "A New View of Technological Change". *The Economic Journal*, vol. 79, pp. 573–578.

AUDRETSCH, D. (1995): *Innovation and industry evolution*. MIT Press. Cambridge.

AURIOLES, J. (1992): "La economía andaluza en 1991. Nuevo cambio de futuro hacia un rumbo incierto". *Papeles de Economía Española*, nº. 51.

AURIOLES, J. (1993): "Andalucía: 1986–1992". Balance de situación". *Papeles de Economía Española*, nº. 55.

Universidad de Huelva 2009

AURIOLES, J. (1994): "La triple manifestación de la crisis en Andalucía". *Papeles de Economía Española*, nº. 59.

AURIOLES, J.; MARTÍN RODRÍGUEZ, M. (1990): "Economía Andaluza: 1985–1989. De la crisis a la recuperación". *Papeles de Economía Española*, nº. 45.

AURIOLES, J.; VELASCO, R. (1995): "Los perfiles de la recuperación económica en Andalucía". *Papeles de Economía Española*, nº. 64.

AVELLA, L.; FERNÁNDEZ, E; VÁZQUEZ, C. J. (1999): "Relación entre las ventajas de fabricación y la competitividad de la gran empresa industrial española". *Información Comercial Española*, nº. 781, pp. 69–82.

AYRES, R. (1994): "Toward a Non-linear Dynamics of Technological Progress", *Journal of Economic Behaviour and Organization*, vol. 24, nº. 1, pp. 35–69.

BABBAGE, C. (1830): "*Reflections on the decline of science in England and on some of its causes, by Charles Babbage; to which is added on the alleged decline of science in England by a foreigner, Gerard Moll; with a foreword of Michael Faraday*". Augustus M. Kelley, Nueva York, 1970.

BABBAGE, C. (1835): *On the Economy of Machinery and Manufactures*. Augustus M. Kelly, New York, 1986.

BABBAGE, C. (1899): *How to invent machinery*. Readex Microprint, Nueva York, 1972.

BAKER, M. J. (ed.) (1979): *Industrial Innovation*. Macmillan. Londres.

BALDWIN, W. L.; SCOTT, J. T. (1987): *Market Structure and Technological Change*. Harwood Academic Publishers. New York.

BANCA INDUSTRIAL DE CATALUÑA (1978): *La industria andaluza*. Barcelona.

BAPTISTA, R. (1999): "The Diffusion of Process Innovations: A Selective Survey". *International Journal of the Economics of Business*, vol. 6, pp. 107–130.

BAPTISTA, R.; SWANN, P. (1998): "Do firms in clusters innovate more?" *Research Policy*, vol. 27, pp. 527–542.

BARBIROLLI, G. (1992): "Towards a definition and dynamic measure of strategic technology", *Technovation*, vol. 12, nº. 5, pp. 285–296.

BARCELÓ, M. (1994): *Innovación Tecnológica en la Industria. Una perspectiva española*. Beta Editorial, S.A. Barcelona.

BARCELÓ, M.; SOLÉ, F.; VALLS, J. (1992): "Tecnología y PME en España". *Economía Industrial*, nº. marzo–abril, pp. 127–136.

Universidad de Huelva 2009

BARCENILLA, S. (1999): "Especialización tecnológica y especialización comercial. Evidencia empírica para los países de la Unión Europea". *Información Comercial Española*, nº. 781, pp. 85–102.

BARRO, R. (1990): "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, vol. 98, octubre, pp. 103–125.

BARRO, R.; SALA–I–MARTIN, X. (1997): "Technological diffusion, convergence and growth". *Journal of Economic Growth*, vol. 2, nº. 1, pp. 1–26.

BARTHOLOMEW, D. (1973): *Stochastic Models for Social Processes*. John Wiley. New York.

BASALLA, G. (1988): *La evolución de la tecnología*. Editorial Crítica. Barcelona, 1991.

BASBERG, B. L. (1987): "Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature". *Research Policy*, vol. 16, pp. 131-141.

BASULTO, J., SOLÍS, Francisco M.; ARIAS, C. (1992): "Un estudio multivariante de los grupos de investigación inventariados por el PAI en 1991". *Estudios de Economía Aplicada. VI Reunión Asepelt–España*, vol. III, pp. 85–97.

BAUMOL, W. J. (1991): *Growth, the market and dissemination of technology*. The Economic and Social Institute. Dublin.

BAUMOL, W. J. (1992): "Horizontal Collusion and Innovation". *The Economic Journal*, vol. 102, pp. 129–137.

BEACH, W. W.; O'DRISCOLL, G. P. (2000): "Methodology: factors of the index of economic freedom". En G. P. O'Driscoll, K. R. Holmes y M. Kirkpatrick (eds.): *2000 Index of Economic Freedom*. The Heritage Foundation y The Wall Street Journal. Washington y New York. Pp. 71–89.

BELIS, J., VILLAR, C. (1986): "*Gran área de expansión industrial de Andalucía: una etapa de desarrollo regional*". Consejería de Política Territorial. Junta de Andalucía. Sevilla.

BELLAVISTA, J. (1999): "Políticas de investigación y desarrollo y sociedad civil". En J. SUBIRATS (ed.): *¿Existe sociedad civil en España? Responsabilidades colectivas y valores públicos*. Estudios de la Fundación Encuentros. Madrid. Pp. 295–325.

BENEITO, P. (1998): "*The productivity of different components of knowledge capital: R&D, spillovers and a measure of "distance"*". Jornadas de Economía Industrial. Madrid, Septiembre 1998.

BERNSTEIN, J. (1997): "Interindustry R&D Spillovers for electrical and electronics products: the Canadian case". *Economic System Research*, vol. 9, pp. 111–125.

Universidad de Huelva 2009

BESSY, C.; BROUSSEAU, E. (1997): "Brevet, Protection et Diffusion des Connaissances: une relecture néo–institutionnelle des propriétés de la règle de droit". *Revue d'Économie Industrielle*, nº. 79, pp. 233–254.

BIEHL, D. (1988): "Las infraestructuras y el desarrollo regional". *Papeles de Economía Española*, nº. 35, pp. 291–337.

BIKHCHANDANI, S.; HIRSCHLEIFER, D.; WELCH, I. (1992): "A Theory of Fads, Fashion, Custom and Cultural Change as Informational Cascades". *Journal of Political Economy*, vol. 100, pp. 992-1026.

BIKHCHANDANI, S.; HIRSCHLEIFER, D; WELCH, I. (1998): "Learning from the Berhaviour of Others: Conformity, Fads and Informational Cascades". *Journal of Economic Perspectives*, vol. 12, pp. 151-170.

BLAUG, M. (1963): "A Survey of the Theory of Process Innovations". *Economica*, mayo, pp. 13–22. Reeditado como "Reseña de la teoría de las innovaciones de procesos", en N. ROSENBERG (1971): *Economía del Cambio Tecnológico*. Fondo de Cultura Económica. México, 1979. Pp. 78–104.

BLAUG, M. (1978): *Economic Theory in Retrospect*. Cambridge University Press. Cambridge.

BONUS, H. (1973): "Quasi–Engel Curves, Diffusion and the Ownership of Major Consumer Durables". *Journal of Political Economy*, vol. 81, pp. 655–677.

BOUND, J.; CUMMINS, C.; GRILICHES, Z.; HALL, B.H.; JAFFE, A. (1984): "Who Does R&D and Who Patents", en Z. GRILICHES (ed.): *Patents and Productivity*. University of Chicago Press. Chicago. Pp. 21-54.

BRAVO, A.; QUINTANILLA, M. A. (1995): "Convergencia científico–tecnológica en la Unión Europea y en las Comunidades Autónomas". *III Jornadas de la Red de Investigadores sobre Ciencia, Tecnología, Economía y Sociedad (RICTES)*. Valencia. Pp. 3–35.

BROADBERRY, S.; DE JONG, H. (2000): "Technology and productivity in historical perspective: Introduction". *European Review of Economic History*, vol. 4, pp. 115-119.

BUESA, M. (1992): "Política tecnológica: una evaluación global", *Economistas*, nº.1 52.

BUESA, M. (1994): "La política tecnológica en España: una evaluación en la perspectiva del sistema productivo", *Información Comercial Española*, nº. 726, pp.161–182.

BUESA, M. (1999): "Cambio tecnológico y competitividad". *Información Comercial Española*, nº. 781, pp. 3–10.

Universidad de Huelva 2009

BUESA, M.; MOLERO, J. (1988): *Estructura Industrial de España*. Fondo de Cultura Económica. Madrid.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1989): *Innovación Industrial y Dependencia tecnológica de España*. EUDEMA Universidad. Madrid.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1992): *Patrones del Cambio Tecnológico y Política Industrial. Un Estudio de las Empresas Innovadoras Madrileñas*. Civitas. Madrid.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1993): "Tipología de las estrategias innovadoras. Los regímenes tecnológicos de las empresas españolas". *Economía Industrial*, vol. 1993, nº. enero–febrero, pp. 49–62.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1996b): "Patterns of Technological Change among Spanish Innovative Firms: The Case of the Madrid Region", *Research Policy*, nº.1 25, pp. 647–63.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1996c): *Innovación y Diseño Industrial. Evaluación de la Política de Promoción del Diseño en España*. Civitas. Madrid.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1996d): "Tamaño empresarial e innovación tecnológica en la economía española": *Instituto de Análisis Industrial y Financiero*. Universidad Complutense. Documento de trabajo nº.1 1. Madrid.

BUESA, M.; MOLERO, J. (1998): *Economía Industrial de España. Organización, tecnología e internacionalización*. Civitas. Madrid.

BUESA, M.; ZUBIAURRE, A. (1996): "La Innovación Tecnológica en las Empresas del País Vasco", *XIII Congreso de Estudios Vascos: Ciencia, tecnología y cambio social en Euskal Herria*. Eusko Ikaskuntza. San Sebastián.

BUESA, M.; ZUBIAURRE, A. (1999): "Patrones tecnológicos y competitividad: un análisis de las empresas innovadoras en el País Vasco".*Ekonomiaz*, vol. 44, 2° cuatrimestre, pp. 209-237.

BURMEISTER, E.; DOBELL, A.R. (1969): "Disembodied Technical Change with Several Factors". *Journal of Economic Theory*, vol. 1, pp. 1-8.

BURMEISTER, E.; DOBELL, A.R. (1970): *Teorías Matemáticas del Crecimiento Económico*. Antoni Bosch. Barcelona, 1973.

CABRAL, L. (1990): "On the Adoption of Innovations with Network Externalities". *Mathematical Social Sciences*, vol. 19, pp. 299-308.

CAMAGNI, R. (1991): "Introduction: from the local "milieu" to innovation through cooperation networks", en Camagni, R. (ed.) (1991): *Innovation networks: spatial perspectives*. Belhaven Press. Londres. Pp. 1–9.

Universidad de Huelva 2009

CAMISÓN, C.(1997): *La Competitividad de la Pyme Industrial Española: Estrategias y Competencias Distintivas*. Civitas. Madrid.

CANTWEL, J. (2000): "Technological Lock-in of large firms since the interwar period". *European Review of Economic History*, vol. 4, pp. 147-174.

CAÑADA MARTÍNEZ, A. (1995): "Las tablas input-output del INE: algunos aspectos metodológicos y sus repercusiones sobre el análisis económico". *Información Comercial Española*, vol. 737, pp. 145-164.

CARAVACA, Isabel. (1995): "Industrialización y desarrollo en Andalucía", *en Bosque y Méndez (eds.): Cambio industrial y desarrollo regional en España*. Oikos-Tau. Madrid.

CARDENETE, M. A. (1998): "*Una matriz de contabilidad social para la economía andaluza: 1990*". Revista de estudios regionales, vol. 52, pp.137-153.

CARDENETE, M. A., CONGREGADO, E., DE MIGUEL, F. J., PÉREZ, J. (2000): "*Una comparación de las economías andaluza y extremeña a partir de matrices de contabilidad social y multiplicadores lineales*". Estudios de Economía Aplicada, vol. 15, pp. 47-73.

CARLSSON, B. (1997): "On and off the beaten path: The evolution of four technological systems in Sweden". *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, nº. 6, pp. 775–799.

CARLSSON, B., JACOBSSON, S. (1994): "Technological systems and economic policy: the diffusion of factory automation in Sweden". *Research Policy*, vol. 23, pp. 235-248.

CASANOVA, M.. A. (1991): *La sociometría en el aula*. La Muralla. Madrid.

CASSIMAN, B. (1997): "Research Joint Ventures and Optimal R&D Policy with Asymmetric Information". *Documento de trabajo de la Universitat Pompeu Fabra*. Barcelona.

CASSIMAN, B. (1999): "Cooperación en investigación y desarrollo. Evidencia para la industria manufacturera española", Papeles de Economía Española, nl 81, pp. 143-54.

CASSIMAN, B.; VEUGELERS, R. (1998): "R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence", *Universitat Pompeu Fabra*, Documento de trabajo 328.

CASTELL, M. (dir.) (1992): *Andalucía: Innovación Tecnológica y Desarrollo Económico*. Espasa Calpe. Madrid.

CDTI (1995): *Sistemas regionales de innovación en las regiones objetivo 1 en el contexto nacional y europeo*. Cuadernos del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial. Madrid.

Universidad de Huelva 2009

CDTI (1995): *Sistemas regionales de innovación*. Ediciones del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial. Madrid.

CÍRCULO DE EMPRESARIOS. (1995): *Actitud y Comportamiento de las Grandes Empresas Españolas ante la Innovación*. Círculo de Empresario. Madrid.

CLARK, J. B. (1886): "*The philosophy of wealth: economic principles newly formulated*". Augustus M. Kelley, Nueva York, 1967.

CLARK, J. B. (1911): *Principes d'économique dans leurs application aux problèmes modernes de l'industrie et de la politique économique*. Girad et Brière. Paris. 1911.

CLARK, N. (1985): *The political economy of science and technology*. Oxford, Blackwell.

COHEN, W. (1995): "Empirical Studies of Innovative Activity". En P. STONEMAN (ed.) (1995): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Basil Blackwell. Oxford. Pp. 182- 264.

COHEN, W; LEVIN, R.C. (1989): "Empirical Studies of Innovation and Market Structure". En R. SCHMALENSE; R. WILLIG (eds.): *Handbook of Industrial Organization*. North Holland. Amsterdam.

COHEN, W; LEVINTHAL, D. (1989): "Innovation and Learning: The Two faces of R&D". *Economic Journal*, vol. 99, pp. 569-596.

COHEN, W; LEVIN, R.C.; MOWERY, D. (1987): "Firm Size and R&D intensity: A re-examination". *Journal of Industrial Economics*, vol. 35, pp. 543-563.

COMANOR, W.S., SCHERER, F.M. (1969): "*Patent statistic as a measure of technical change*". Journal of Political Economy, vol. 77, pp. 392-398.

CORNELLI, F.; SCHANKERMAN, M. (1999): "Optimal Patent Renewals". *RAND Journal of Economics*, vol. 30, pp. 197-213.

CORONADO, D.; ACOSTA, M. (1998): "The influence of regional location on the innovation activity of Spanish firms: a logit analysis". *38th European Congress Regional Science Association*. Viena. Mimeo.

CORRY, B. A. (1966): "The Role of Technological Innovation in the Theory of Income Distribution". *American Economic Review Papers and Proceedings*, vol. 56, pp. 32–40.

COSTA, M. T. (1989): "La cooperación entre empresas, nueva estrategia competitiva", *Economía Industrial*, marzo-abril, pp. 27–45.

COSTA, M. T.; GARCÍA, J. (1996): "La experiencia catalana en el terreno de la innovación de las PYMES". *Economía Industrial*, nº. 312, pp. 125–134.

Universidad de Huelva 2009

CRAMPES, C.; MOREAU, M. (1994): "Les caractéristiques des brevets". Économie Industrielle: développements récents. *Revue d'Économie Industrielle*, número especial.

CRÉPON, B.; DUGUET, E.; ENCAOUA, D.; MOHEN, P. (1993): "Diffusion du savoir et incitation à l'innovation: le rôle des accrods de coopération en recherche et développement". *Économie et Statistiques*, nº. 266, pp. 47–63.

CUADRADO ROURA, J. R. (dir.) (1987): *Los cambios tecnológicos y el futuro económico de Andalucía*. Instituto de Desarrollo Regional. Sevilla.

CUBBIN, J. (1981): "Advertising and the theory of entry barrier". *Economica*, vol. 48, pp. 289–298.

CHANDLER, A. D. (1985): "From Industrial Laboratories to Departments of Research and Development". En K. M. CLARK, R. H. HAYES y C. LORENZ (eds.), *The Uneasy Alliance*. Harvard Business School Press. Boston. Pp. 53–61.

CHARLES, D.; HOWELLS, J. (1992): *Technology Transfer in Europe*. Belhaven Press. Londres.

CHOI, J. (1997): "Herd Behaviour, the Penguin Effect and the Suppression of Informational Diffusion". *Rand Journal of Economics*, vol. 28, pp. 407-425.

CHOW, G. C. (1967): "Technological Change and the Demand for Computers". *American Economic Review*, vol. 57, pp. 1117–1130.

CHRISTENSEN, C. (1997): *The Innovator's Dilemma*. Harvard Business School Press. Boston.

D'ASPREMONT, C.; JACQUEMIN, A. (1988): "Cooperative and Non-cooperative R&D in Duopoly with Spillovers". *American Economic Review*, vol. 78, nº. 5, pp. 1133–1137.

D'ASPREMONT, C.; JACQUEMIN, A. (1990): "Cooperative and Non-cooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Erratum". *American Economic Review*, vol. 80, nº. 3, pp. 641–642.

DASGUPTA, P.; STIGLITZ, J: (1980a): "Industrial Structure and the Nature of Innovation Activity". *The Economic Journal*, vol. 90, pp. 266–293.

DASGUPTA, P.; STIGLITZ, J: (1980b): "Uncertainty, industrial structure and the speed of R&D". *The Bell Journal of Economics*, vol. 11, nº. 1, pp. 1–28.

DAVID, H. (1977): "Technology transfer through commercial transactions". *Journal of Industrial Economics*, vol. 26, pp. 161-175.

Universidad de Huelva 2009

DAVID, P. A. (1969): *A Contribution to the Theory of Diffusion*. Stanford Center for Research in Economic Growth. Memorandum n°. 71. Stanford University.

DAVID, P. A. (1975): *Technical Change, Innovation and Economic Growth*. Cambridge University Press. Cambridge.

DAVID, P. A. (1985): "Clio and the economics of QWERTY". *American Economic Review*, vol. 75, pp. 332-337.

DAVID, P. A. (1988): "Path-dependence: Putting the Past into the Future of Economics". *IMSSS Tech.* Report n° 533. Stanford University.

DAVIES, S. (1979): *The Diffusion of Process Innovations*. Cambridge University Press. Cambridge.

DE WOOT, P. (1988): *Les entreprises de haute technologie et l'Europe*. Economica. París.

DEBRESSON, C.; AMESSE, F. (1991): " Networks of Innovations". *Research Policy*, vol. 20, pp. 363-380.

DE BRESSON, C., SIRILLI, G., XIAOPING, H., KWAN LUK, F. (1993): "*The structure of innovation and its adoption in the italian economy (1981-1985)*". Xth world input-output techniques conference. Sevilla

DEBRESSON, C.; TOWNSEND, J. (1978): " Notes on the inter–industrial flow of technology in post–war Britain". *Research Policy*, vol. 7.

DEFFAINS, B. (1997): "Progrès scientifique et analyse économique des droits de la propriété intellectuelle". *Revue d'Économie Industrielle*, n°. 79, pp. 95–118.

DEI OTTATI, G. (1994): "Cooperation and competition in the industrial district as an organization model", *European Planning Studies*, vol. 2, n°. 4, pp. 463–483.

DELGADO MOLINA, J. M. (1995): "Los parques Tecnológicos Andaluces Como Instrumento de Desarrollo Regional". Ponencia presentada en el seminario *Los Parques Científicos: Instrumentos de Desarrollo e Innovación, del XVI Curso de Verano de San Roque 1995*. Universidad de Cádiz. Mimeo.

DIAMOND, P. A. (1965): "Disembodied technical change in a two–sector model". *Review of Economic Studies*, vol. 90, n°. 2, pp. 161–168.

DÍAZ, PAREJO, POZUELO, (1991): "Problemas territoriales del desarrollo andaluz". *Boletín Económico de Andalucía*, n°. 12.

DÍEZ DE CASTRO, E. (dir.) (1995): *La empresa en Andalucía*. Civitas. Madrid.

DIXON, R. (1980): "Hybrid Corn Revisited". *Econometrica*, vol. 48, pp. 1451–1462.

Universidad de Huelva 2009

DODGSON, M.; ROTHWELL, R. (eds.) (1994): *The handbook of industrial innovation*. Edward Elgar. Aldershot.

DOLLAR, D.; WOLFF, E. N. (1988): "Convergence of industry labor productivity among advances economies, 1963–1982". *Review of Economics and Statistics*, vol. 70, nº. 4, pp. 549–558.

DOSI, G. (1982): "Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change". *Research Policy*, vol. 2, nº. 3, pp. 147–162.

DOSI, G. (1984): *Technical Change and Industrial Transformation*. Macmillan. Londres.

DOSI, G. (1988): "The nature of the innovative process", en Dosi, G. et al (eds.): *Technical change and economic theory*. Pinter Publishers. Londres. Pp. 221–238.

DOSI, G. (1991): "Perspectives on evolutionary theory". *Science and Public Policy*, vol. 18, nº. 6, pp. 353–361.

DOSI, G. et al. (1988): *Technical change and economic theory*. Pinter Publishers. Londres.

DOSI, G.; NELSON, R. (1994): "An Introduction to Evolutionary Theories in Economics". *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 4, nº. 3, pp. 153–172.

DRANDAKIS, E. M.; PHEPLS, E. S. (1966): "A Model of Induced Invention Growth and Distribution". *The Economic Journal*, vol. 76, pp. 823–840.

DURÁN, Alicia (coord.) (1999): *Geografía de la innovación. Ciencia, tecnología y territorio en España*. Libros de la Catarata. Madrid.

DURÁN, Alicia; CRIADO, Emilio; ROCHA, Fernando; ZAPATERO, Ana (1999): "El Sistema Ciencia–Tecnología–Industria en España: una aproximación regional", en Alicia Durán (coord.) (1999): *Geografía de la innovación. Ciencia, tecnología y territorio en España*. Libros de la Catarata. Madrid. Pp.49–120.

DURÁN, A.; ROCHA, F.; ZAPATERO, A. (1999): "El Sistema Ciencia–Tecnología–Industria en Andalucía", en Alicia Durán (coord.) (1999): *Geografía de la innovación. Ciencia, tecnología y territorio en España*. Libros de la Catarata. Madrid. Pp.139–197.

DURÁN, A.; ROCHA, F.; ZAPATERO, A. (1999b): "La Comunidad de Cataluña", en Alicia Durán (coord.) (1999): *Geografía de la innovación. Ciencia, tecnología y territorio en España*. Libros de la Catarata. Madrid. Pp. 249-295.

EKELUND, R. B.; HEBERT, R. F. (1990). *Historia de la Teoría Económica y de su Método*. McGraw–Hill. Madrid, 1992.

Universidad de Huelva 2009

ENGLAND, R. (1994): *Evolutionary concepts in contemporary economics*. University of Michigan Press. Ann Arbor. Michigan.

ESCORSA, P., PÉREZ, A. (1984): Actividades de I+D y rentabilidad de la industria española. *Economía Industrial*, Noviembre-Diciembre 1984, pp. 151-161.

ESECA (1993): *Informe Económico-Financiero de Andalucía*. Caja General de Ahorros y Monte de Piedad de Granada. Granada.

ESPOSTI, R; PIERANI, P. (2000): "Modelling technical change in Italian agriculture: a latent variable approach". *Agricultural Economics*, vol. 22, pp. 261–270.

ESTEBAN, J.; LÓPEZ, I.; RUIZ, F. (1997): "*La tabla input-output de Andalucía como base de un estudio comparativo entre Comunidades Autónomas*". Ponencia. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI. Jerez.

EVANGELISTA, R.; SANDVEN, T.; SIRILLI, G.; SMITH, K. (1998): "Measuring Innovation in European Industry". *International Journal of the Economics of Business*, vol. 5, nº. 3, pp. 311–333.

FAGERBERG, J. (1987a): "A technology gap approach to why growth rates differ". *Research Policy*, vol. 16, pp. 87–99.

FAGERBERG, J. (1987b): "The method of constant market share analysis reconsidered". *Applied Economics*, vol. 19, pp. 1571–1583.

FAGERBERG, J. (1994): "Technology and international differences in growth rates". *Journal of Economic Literature*, vol. 32, pp. 1147–1175.

FAGERBERG, J. (2000): "Technological progress, structural change and productivity growth: a comparative study". *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 11, pp. 393–411.

FANJUL, O.; MARAVALL, F.; PÉREZ-PRIM, J. M.; SEGURA, J. (1975): *Cambios en la estructura interindustrial de la economía española. 1962-1970: Una primera aproximación*. Fundación del Instituto Nacional de Industria. Madrid.

FARRELL, J.; SALONER, G. (1986): "Installed Base and Compatibility". *American Economic Review*, vol 76, pp. 940-955.

FARIÑAS, J.C.; JAUMANDREU, J. (1995): "La Encuesta sobre Estrategias Empresariales: caracteristicas, usos". *Documento de trabajo de la Fundación Empresa Pública*, nº 9508. Madrid.

FELLER, I. (1972): "Production Isoquants and the Analysis of Technological and Technical Change". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 86, pp. 153–162.

Universidad de Huelva 2009

FELLNER, W. (1961): "Two propositions in the theory of induced innovations". *The Economic Journal*, vol. 71, June, pp. 305–308. Reeditado bajo el título "Dos proposiciones en la teoría de las innovaciones inducidas", en N. ROSENBERG (1971): *Economía del cambio tecnológico*. Fondo de Cultura Ecomómica. México, 1979. Pp. 188–193.

FELLNER, W. (1962): "Does the Market Direct the Relative Factors- Saving Efects of Technological Progress?", en N.B.E.R. *The Rate and Direction of Inventive Activit: Economic and Social Factor*. Princeton University Press. Princeton, pp. 171-188.

FERGUSON, C. E. (1969): *The Neo-Classicall Theory of Production and Distribution*. Cambridge University Press. Cambridge.

FERNÁNDEZ BAGÜES, M. (2001): "Innovation Complementarity: Evidence from the Pharmaceutical Industry". I Jornadas de Economía Industrial. Barcelona. Septiembre de 2001. Mimeo.

FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E. (1996): *Innovación, tecnología y alianzas estratégicas. Factores clave de la competencia*. Cívitas. Madrid.

FERNÁNDEZ, E., JUNQUERA, B.; VÁZQUEZ, C. (1995): "La política de I+D en la empresa española no financiera". *Información Comercial Española*, nº. 746, pp. 104–113.

FERNÁNDEZ, I.; CONESA, F. (coords.) (1996): *Estructuras de interfaz en el Sistema Español de Innovación. Su papel en la difusión de tecnología*. Centro de Transferencia de Tecnología. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

FERNÁNDEZ, I.; GUTIÉRREZ, A.; BENLLOCH, E. (1994): "Presente y Futuro de la dimensión regional de la Ciencia y la Tecnología en España". *Arbor*, nº. 584.

FERNÁNDEZ, P. (1997): "Los Fondos Estructurales europeos y el desarrollo regional". *Información Comercial Española*, nº. 766.

FERRARO, F. (1995): "Algunas consideraciones sobre la política económica de la Junta de Andalucía", en AA. VV., *Ocho estudios sobre economía andaluza*. Instituto de Desarrollo Regional. Sevilla.

FERRARO, F. y SALGUEIRO, R. (1996): "Política Tecnológica para las Pymes Andaluzas". *Economía Industrial*, nº. 312, pp. 21–32.

FERREIRO ALÁEZ, L. (1993): *Bibliometría: (análisis bivariante)*. ESPASA, Madrid

FERSTHMAN, C., KAMIEN, M.I. (1992): "Cross Licensing of complementary technologies". *International Journal of Industrial Organization*, vol. 10, pp. 329-349.

FONFRÍA, A. (1998): *Patrones de Innovación e Internacionalización de las Empresas Innovadoras Españolas*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Universidad de Huelva 2009

FONTELA, E. (1994): "La difusión interindustrial de las innovaciones tecnológicas". Hacienda Pública Española, vol. 130, nº 3, pp. 191-198.

FONTELA, E., GUZMÁN, J. (1999): "*La telefonía móvil en España II: efectos sobre la productividad de las empresas*". Estudio para la fundación Airtel. Madrid.

FORAY, D. (1992): "Propiedades Dinámicas de la Difusión y Efecto de Irreversibilidad", en GÓMEZ URANGA (ed.): *El cambio tecnológico en el nuevo milenio: debates y nuevas teorías*. Economía Crítica. Barcelona. Pp. 169–209.

FORGER, G. R. (2000): "Common sense patents". *Modern Materials Handling*, vol. 55, nº 5, p. 7.

FORTIS, M. (1994): "La utilización de los materiales industriales: un nuevo instrumento de medida del desarrollo económico y tecnológico". Hacienda Pública Española, vol, 130, nº 3, pp. 209-218.

FRAME, J. D., NARIN, F. y CARPENTER, M. P. (1977): "The distribution of world Science". *Social Studies of Science*, vol. 7, nº. 4, pp. 501–516.

FRANK, R. H. (1991): *Microeconomía y Conducta*. McGraw-Hill. Madrid, 1992.

FRANKEL, M. (1955): "Obsolescence and technological change in maturing economy". *American Economic Review*, vol. 45.

FREEMAN, C. (1974): *La teoría económica de la innovación industrial*. Alianza Editorial. Madrid, 1975.

FREEMAN, C. (1979): "The determinants of innovation". *Futures*, vol. 11, pp. 206–215.

FREEMAN, C. (1982): *The Economics of Industrial Innovation*. Frances Printer, Londres. 2ª edición.

FREEMAN, C. (ed.) (1987): *Output Measurement in Science and Technology*. North-Holland. Amsterdam.

FREEMAN, C. (1991): "Networks of innovators: A synthesis of research issues". *Research Policy*, vol. 20, nº. 5, pp. 499–514.

FREEMAN, C. (1994): "The Economics of Technical Change". *Cambridge Journal of Economics*, vol. 18, nº. 5, pp. 463–514.

FREEMAN, C. (1995): "The National System of Innovation in Historical Perspective", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, nº. 1, pp. 5–24.

FREEMAN, C.; CLARK, J.; SOETE, L. (1982): *Unemployment ant Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development*. Pinter Publishers. Londres.

Universidad de Huelva 2009

FREEMAN, C.; PEREZ, C. (1988): "Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour". En G. Dosi *et al.* (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. Pinter Publishers. Londres. Pp. 38–66.

FREEMAN, C.; YOUNG, A. (1965): *L'effort de R–D en Europe Occidentale, Amérique du Nord et Union Soviétique: Un essai de comparaison internationale des dépenses et des effectifs consacrés à la recherché en 1962*. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

FRENKEL, A., MAITAL, S. (2000): "*Measuring dynamic technical change: a technometric approach*". Int. J. Technology Management, vol. 20, nº 3-4, pp. 429-441.

FRIEDMAN, A. (1974): "Choosing Among S–Shaped Curves for Diffusion Processes". *CIEBR Working Paper*, nº. 45. University of Warwick. Coventry.

FRIEDMAN, D. D.; LANDES, W. M.; POSNER, R. A. (1991): "Some Economics of Trade Secret Law". *Journal of Economic Perspectives*, vol. 5, pp. 61-72.

FUNDACIÓN COTEC (1996): *Informe Cotec 1996. Tecnología e Innovación en España*. Fundación COTEC. Madrid.

FUNDACIÓN COTEC (1997). Informe COTEC 1997 sobre Tecnología e innovación en España. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.

FUNDACIÓN COTEC (1998a). Informe COTEC 1998 sobre Tecnología e innovación en España. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.

FUNDACIÓN COTEC (1998b). El sistema español de innovación. Diagnóstico y Recomendaciones. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.

GALÁN GONZÁLEZ, J. L.; CASILLAS BUENO, J. C.; MORENO MENÉNDEZ, A. Mª. (1992): "Andalucía en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Industria Español". *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 14, pp. 11–29.

GALENDE, J.; SUÁREZ, I. (1998): "Los factores determinantes de las inversiones empresariales en I+D". *Economía Industrial*, nº. 319, pp. 63–76.

GALLINI, N. T. (1984): "Deterrence by Market Sharing: A Strategic Incentive for Licensing". American Economic Review, vol. 74, nº. 5, pp. 931-941.

GALLINI, N. T. ; WINTER, R.A. (1985): "Licensing in the Theory of Innovation". Rand Journal of Economics, vol. 16, nº. 2, pp. 237–252.

GANDAL, N.; KENDE, M.; ROB, R. (1999): *The Dynamics of Technological Adoption in Hardware Software Systems: the Case of Compact Disk Players*. CEPR Working Paper 2078. London.

Universidad de Huelva 2009

GARCÍA, A., JAUMANDREU, J., RODRÍGUEZ, C. (1998): *Innovation and jobs at the firm leve*". Documento de trabajo. Fundación Empresa Pública. Madrid.

GARCÍA CANAL, E.(1992): "La cooperación interempresarial en España: Características de los acuerdos suscritos entre 1986 y 1989". *Economía Industrial*, julio-agosto, pp. 113–122.

GARCÍA FERRANDO, M. (1995): *Socioestadística: introducción a la estadística en Sociología*. Alianza. Madrid.

GARCÍA LIZANA, A.; FERNÁNDEZ MORALES, A. (1994): "El desafío de la Tecnología". *Hacienda Pública Española*, vol. 130, nº. 3, págs. 171–174.

GARCÍA RUBIO, A. (1993): *¿Dominad la tierra? Aportaciones teológicas al problema ecológico*. Cristianisme i Justicia. Barcelona.

GARCÍA SÁNCHEZ, A., PALMA, L.; MARTÍN, J. L. (1994). "Difusión del cambio tecnológico y su impacto sobre el nivel de empleo en sectores potencialmente innovadores de la economía andaluza (1975–1980). Evaluación y análisis a partir de las tablas Input–Output". *Revista de Estudios Andaluces*, nº. 20, págs. 89–108.

GARMA, S., SÁNCHEZ RON, J.M. (1989): "La Universidad de Madrid y el CSIC". *ALFOZ*, vol.66-67, pp. 59-77.

GEROSKI, P. (1990): "Innovation technological opportunity and market structure". *Oxford Economic Papers*, vol. 42, pp. 586-602.

GEROSKI, P. (1995): "Markets for Technology: Knowledge, Innovation and Appropiability". En P. STONEMAN (1995): *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*. Basil Blackwell. Oxford. Pp. 90-131.

GEROSKI, P. (1999): *Models of Technology Diffusion*. Centre for Economic Policy Research Discussion Paper nº. 2146. Londres.

GEROSKI, P. (2000): "Models of Technology Diffusion". *Research Policy*, vol. 29, nº. 4-5, pp. 603–625.

GEROSKI, P. A.; POMROY, A. (1990): "Innovation and the Evolution of Market Structure". *The Journal of Industrial Economics*. vol. 28, n º. 3, pp.299–314.

GILLE, B. (1978): *Histoires des techniques: techniques et civilisations, techniques et sciences*. Éditions Gallimard. París.

GLOBERMAN, S. (1978): "Canadian Science Policy and Technological Sovereignty". *Canadian Public Policy*, nº. winter, pp. 34–45.

Universidad de Huelva 2009

GONZÁLEZ AYUSO, J.; COMESAÑA, J.; CRIADO, E.; ARAGÓN, J.; DURÁN, A. (1993): "Actividades de I+D y Transferencia de Tecnología en la empresa española". *Economía Industrial*, nº. 289.

GONZÁLEZ DE LA FE, T. (1994): "Los sistemas regionales de Ciencia y Tecnología. Algunos problemas teóricos y empíricos del caso español". *Política y Sociedad*, n. 14–15.

GONZÁLEZ MARCOS, P. (1999): "*I–D en la España de los 90 (gastos, ingresos y personal)*". Revista Española de Investigaciones Sociológicas, vol. 85, pp. 131-170.

GONZÁLEZ, J.; ARAGÓN, J.; CRIADO, E.; DURÁN, A. (1995): "Transferencia de Tecnología y redes de cooperación interregional: los centros de investigación en la política del CDTI: 1988–1992". *III Jornadas de la Red de Investigadores sobre Ciencia, Tecnología, Economía y Sociedad (RICTES)*. Valencia. Pp. 87–132.

GORDON, T. J.; MUNSON, T. R. (1981): *Research into Technology Output Measures*. The Future Group. Gladstonebury, Connecticut.

GOTO, A.; SUZUKI, K. (1989): "R&D capital, rate of return on R&D investment and spillover of R&D in Japanese manufacturing industries". *Review of Economics and Statistics*, vol. 71, nº. 4, pp. 555–564.

GOTTINGER, H.W. (1986): "Modelling the Diffusion of Innovations. Part 1". *International Journal of Technology Management*, vol. 1, pp. 439–455.

GOTTINGER, H.W. (1987): "Econometric Estimation of a Technology Diffusion Model. Part 2". *International Journal of Technology Management*, vol. 2, pp. 101–118.

GRABOWSKI, H.; MUELLER, D. (1978): "Industrial Research and Development, Intangible Capital Stocks and Firm Profit Rates". *Bell Journal of Economics*, vol. 9, pp.328-343.

GRILICHES, Z. (1957): "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change". *Econometrica*, vol. 25, pp. 501–522.

GRILICHES, Z. (1958): "Research costs and social returns: Hybrid corn and relates innovations". *Journal of Political Economy*, vol. 66, pp. 419–431.

GRILICHES, Z. (1979): "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth". *The Bell Journal of Economics*, vol. 10, nº. 1, pp. 92–116.

GRILICHES, Z. (1980): "Hybrid Corn Revisited: A Reply". *Econometrica*, vol. 48, pp. 1463–1466.

GRILICHES, Z. (1981): "Market Value, R&D and Patents". *Economic Letters*, vol. 7, pp. 183-187.

Universidad de Huelva 2009

GRILICHES, Z. (ed.) (1984): *R&D, Patents and Productivity*. NBER / Chicago University Press. Chicago.

GRILICHES, Z. (1990): "Patents Statistics as Economic Indicators: A Survey". *Journal of Economic Literature*, vol. 28, pp. 1661-1707.

GRILICHES, Z. (1995): "R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues". En P. A. Stoneman (ed.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Basil Blackwell. Oxford. Pp. 52–89.

GROSSMAN, G. (1994): "Endogenous innovation in the theory of growth". *Journal of Economics Perspectives*, vol. 8, nº. 1.

GROSSMAN, G.; HELPMAN, E. (1991a): *Innovation and growth in the global economy*. The MIT Press. Cambridge, Massachussets.

GROSSMAN, G.; HELPMAN, E. (1991b): "Quality Ladders in the Theory of Growth". *Review of Economic Studies*, vol. 58, pp. 43-61.

GRUBER, H.; VERBOVEN, F. (1999): *The Diffusion of Mobile Telecommunications Services in the European Union*. CEPR Working Paper 2054. London.

GUARNIZO GARCÍA, J.V., GUADAMILLAS GÓMEZ, F. (1998): "Innovación y desarrollo tecnológico en las empresas industriales españolas. Factores explicativos según la encuesta de estrategias empresariales". *Economía Industrial*, nº 319, pp. 49-62.

GUMBAU, Mercedes (1994): "Los determinantes de la innovación: el papel del tamaño de la empresa". *Información Comercial Española*, nº. 726, pp. 117-129.

GUMBAU, M. (1996a): *Dimensión regional de la innovación tecnológica*. Instituto valenciano de investigaciones económicas. Valencia.

HALL, B. H.; GRILICHES, Z.; HAUSMAN, J. A. (1986): "Patents and R&D: Is There a Lag?". *International Economic Review*, vol. 27, nº 2, pp. 265-283.

HALL, P. (1994): *Innovation, economics and evolution: Theoretical perspectives on changing technology in economic systems*. Harvester Wheatsheaf. Londres.

HANNAN, T.; MCDOWELL, J. (1984): "The Determinants of Technology Adoption: The Case of the Banking Firm". *Rand Journal of Economics*, vol. 15, pp. 328-335.

HANSEN, A. (1921): "The Technological Interpretation of History". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 35, pp. 72-83.

HARLEY, C. (1973): "On the Persistence of Old Techniques: the Case of North American Wooden Shipbuilding". *Journal of Economic History*, vol. 33, pp. 372-398.

HARROD, R. F. (1948): *Towards a Dynamic Economics*. MacMillan. Londres.

Universidad de Huelva 2009

HARROD, R. F. (1948): *Hacia una Economía Dinámica*. Tecnos. Madrid.

HARROD, R. F. (1973): *Dinámica Económica*. Alianza Editorial. Madrid, 1979.

HASELTINE, W. A. (2000): "The case for gene patents". *Technology Review*, vol. 103, nº. 5, p. 59. Obtenido electrónicamente de OCLC First Search.

HAUSMAN, J. A. HALL, B. H.; GRILICHES, Z.; (1984): "Econometrics Models for count Data with an Application to the Patents-R&D Relationship". *Econometrica*, vol. 52, pp. 909-938.

HEERTJE, A. (1973): *Economics & Technical Change*. Weidenfeld and Nicolson. Londres, 1977.

HENDERSON, R; JAFFE, A. B.; TRASTENBERG, M. (1993): "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patents citation". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, pp. 577–598.

HENRIQUES, I. (1990): "Cooperative and Non-cooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Comment". *American Economic Review*, vol 80, nº. 3, pp. 638–640.

HERRADOR MORILLO, V. (1992): *Joseph A. Schumpeter: Funcionamiento y Futuro del capitalismo*. Tesis Doctoral. Departamento de Teoría Económica y Economía Política. Universidad de Sevilla.

HICKS, D.; BREITZMAN, T.; OLIVASTRO, D.: HAMILTON, K. (2001): "The changing composition of innovative activity in the US–A portrait based on patent analysis". *Research Policy*, vol. 30, pp. 681-703.

HICKS, J. R. (1932, reeditada en 1964): *La teoria de los salarios*. Editorial Labor. Barcelona, 1973.

HICKS, J. R. (1936): "Distribution and economic progress: a revised version". *Review of Economic Studies*, October. Reeditado bajo el título "Distribución y progreso económico. Versión Revisada (1936)", en J. R. HICKS (1964, 2ª edición): *La teoría de los salarios*. Editorial Labor. Barcelona, 1973. Pp. 227–239.

HICKS, J. R. (1973): *Capital y Tiempo*. Fondo de Cultura Económica. Madrid, 1976.

HIRSCHLEIFER, J. (1971): "The Private and Social value of information and reward to inventive activity". *American Economic Review*, vol. 61, pp. 561-574.

HISPALINK–ANDALUCÍA (1996): "Situación actual y perspectivas económicas de Andalucía". *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, nº. 31.

HODGSON, G. (1996): *Innovation, Economics and Evolution: Theoretical Perspectives on Changing Technology in Economic System*. Harvester Wheatsheaf. Londres.

Universidad de Huelva 2009

HUERTAS, J. L. (1989): "La actuación de la Junta de Andalucía en el impulso de la I+D". *Economía Industrial*, nº. 268, pp. 99–105.

HURTER, A. P.; RUBENSTEIN, A. H. (1978): "Market penetration by new innovations: the technological, literature". *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 11, pp. 197–221.

HYMAN, A. (1983): *Charles Babbage: Pioneer of the Computer*. Princeton University Press. Princeton.

INGHAM, H.; THOMPSON, S. (1993): "The Adoption of New Technology in Financial Services. The Case of Building Societies". *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 2, pp. 263-274.

IRELAND, N.; STONEMAN, P. (1986): "Technology Diffusion, Expectations and Welfare". *Oxford Economic Papers*, vol. 38, pp. 283–304.

IRWIN, D. A.; KLENOW, P. J. (1996): "High–tech R&D Subsidies: Estimating the Effects of Sematech". *Journal of International Economics*, nº. 40, pp. 323–344.

JACKSON, R.W., COMER, J. C. (1993): "An alternative to aggregated base tables in input-output table regionalization". *Growth and Change*, vol. 24, pp. 191-205.

JACQUEMIN, A. (1988): "Cooperative Agreements in R&D and European Antitrust Policy". *European Economic Review*, vol. 32, pp. 551-560.

JACQUEMIN, A. (1990): "Comportamiento Colusivo, I+D y Política Europea", en Vives, X. y Gual, J. (dirs.) (1990): *Concentración Empresarial y Competitividad: España en la CEE*. Ariel. Barcelona. Pp.132–157.

JACOBSEN, H. K. (2000): "*Technology diffusion in energy-economy models: the case of danish vintage models*". The Energy Journal, vol. 21, nº 1, pp. 43-71.

JAFFE, A. B. (2000): "The U.S. patent system in transition: policy innovation and the innovation process". *Research Policy*, vol. 29, pp. 531-537.

JAFFE, A. B. (1989a): "Real effects of academic research". *American Economic Review*, vol. 79.

JAFFE, A. B. (1989b): "Characterizing the 'technological position' of firms, sith application to quantifying technological opportunity and research spillovers". *Research Policy*, vol. 18.

JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M.; HENDERSON, R. (1993): "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, pp. 577–598.

Universidad de Huelva 2009

JAUMANDREU, J. (1987): "*Producción, empleo, cambio técnico y costes relativos en la industria española, 1964-85*". Investigaciones Económicas, vol. 11, nº 3, pp. 427-461.

JAUMANDREU, J: (2000): *Empresa industrial e innovación durante los noventa*. Universidad Carlos III. Madrid. Mimeo.

JENSEN, R. (1979): *On the Adoption and Diffusion of Innovations in Uncertainty*. Discussion Paper nº. 410. Centre for Mathematical Economics and Management Sciences. Northwestern University. Chicago.

JENSEN, R. (1982): "Adoption and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability". *Journal of Economic Theory*, vol. 27, pp. 182-193.

JENSEN, R. (1983): "Innovation Adoption and Diffusion when there are Competing Innovations". *Journal of Economic Theory*, vol. 26, pp. 161-171.

JIMÉNEZ, Mª. J. (1997): *Los Fondos Estructurales*. Centro de Documentación Europea de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Mimeo.

JORDÁ, R. *Tecnología, empresa y territorio en España*. Ponencia. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI. Sevilla.

JORDÁ, R. (1992): *Las relaciones ciencia–tecnología–industria andaluza y el papel de la administración*. Instituto de Desarrollo Regional. Sevilla.

JORDÁ, R. (1994a): "Dificultades de formación del sistema Ciencia–Tecnología–Industria Andaluz". *Estudios Regionales*, nº. 39, pp. 139–159.

JORDÁ, R. (1994b): *Las relaciones ciencia-tecnología-industria andaluza y el papel de la administración*. Instituto de Desarrollo Regional, Sevilla.

JOVANOVIC, B.; LACH, S. (1989): "Entry, Exit and Diffusion with Learning by Doing". *American Economic Review*, vol. 79, pp. 690-699.

JOVANOVIC, B.; MACDONALD, G. (1994): "Competitive Diffusion". *Journal of Political Economy*, vol. 102, pp. 24-52.

KALDOR, N. (1961): "Capital Accumulation and Economic Growth". En F. A. LUTZ y D. C. HAGUE (eds.), *The Theory of Capital*. Macmillan. Londres. Pp. 177–222. Texto reeditado y traducido al Francés por G. ABRAHAM–FROIS, *Problématiques de la croissance*. Economica. París. Vol. I, pp. 112–132. Las citas son de esta última recopilación de textos.

KALDOR, N. (1960): *Ensayos sobre Estabilidad y Desarrollo Económico*. Editorial Tecnos. Madrid, 1969.

Universidad de Huelva 2009

KALTENHEUSER, S. (1998): "Patent nonsense". *Issues in Science and Technology*, vol. 14, nº 3, pp. 42-44.

KAMIEN, M.; SCHWARTZ, N. L. (1968): "Optimal -induced- Technical Change". *Economica*, Vol. 35, pp. 1-17.

KAMIEN, M.; SCHWARTZ, N. L. (1975): "Market structure and innovation: a survey". *Journal of Economic Literature*, vol. 13, pp. 1–37.

KAMIEN, M.; SCHWARTZ, N. L. (1982): *Estructura de Mercado e Innovación*. Alianza Editorial. Madrid, 1989.

KAMIEN, M.I., OREN, S., TAUMAN, Y. (1992): "Optimal Licensing of Cost-reducing innovation". *Journal of Mathematical Economics*, vol. 21, pp. 483-509.

KAMIEN, M.; MULLER, E; ZANG, I. (1992): "Research Joint Ventures and R&D Cartels". *American Economic Review*. Vol. 82, pp. 1293–1306.

KAPUR, S. (1995): "Technology Diffusion with Social Learning". *Journal of Industrial Economics*, vol. 43, pp. 173-195.

KARSENAS, Massoud; STONEMAN, Paul (1995): "Technological Diffusion". En Paul Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Basil Blackwell. Oxford. Pp. 265–297.

KATSOULACOS, Y.; ULPH, D. (1998): "Endogenous Spillovers and the Performance of Research Joint Ventures". *Journal of Industrial Economics*, vol. XLVI, nº. 3, pp. 333–358.

KATZ, M. L. (1986): "An Analysis of Cooperative Research and Development". *Rand Journal of Economics*, vol. 17, pp. 527– 543.

KATZ, M. L.; ORDOVER, J. A. (1990): "R&D Cooperation and Competition". *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, pp. 137–203.

KATZ, M. L.; SHAPIRO, C. (1985): "On the Licensing of Innovation". *Rand Journal of Economics*, vol. 16, nº. 4, pp. 504– 520.

KATZ, M. L.; SHAPIRO, C. (1986): "How to License Intangible Property". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 101, pp. 567–589.

KAY, N. (1979): *The innovation firm*. McMillan. Londres.

KAY, N. (1988): "The R&D Function: Corporate Strategy and Structure", en Dosi, G. et al: *Technical Change and Economic Theory*. Printer Publishers. Londres. Pp. 282–294.

KENNEDY, C. (1962a): "Harrod on 'Neutrality'". *The Economic Journal*, vol. 72, pp. 249–250.

Universidad de Huelva 2009

KENNEDY, C. (1962b): "The Character of Improvements and of Technical Progress". *The Economic Journal*, vol. 72, pp. 899–911.

KENNEDY, C. (1964): "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution". *The Economic Journal*, vol. 74, pp. 541–547.

KENNEDY, C. (1966): "Samuelson on Induced Innovation". *Review of Economics and Statistics*, vol. 48, pp. 442–444.

KENNEDY, J. W.; THIRWALL, A. P. (1972): "Surveys in Applied Economics: Technical Progress". *The Economic Journal*, vol. 82, pp. 11–72.

KINDLEBERGER, C. (1964): *Economic Growth in France and Britain, 1981–1950*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

KLEINKNECHT, A. (1987): "Measuring R&D in small firms: How much are we missing?. *Journal of Industrial Economics*, vol. 36, nº 2, pp. 253-256.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, W. (1986): "An Overview of Innovation", en Landau, R. y Rosenberg (eds.): *The Positive sum Strategy*. National Academy Press. Washington. Pp. 275-305.

KOSACOFF, B. (1994). Nuevas bases de la política industrial. *Información Comercial Española*, vol. 732-733, pp. 95-108.

KRUGMAN, P. (1990): *Rethinking International Trade*. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

KRUGMAN, P. (1994): "Competitiveness: A dangerous obsession". *Foreign Affairs*, vol. 37, nº. 2, pp. 228–244.

LABAND, D. N. (1990): "Measuring the relative impact of economics book publishers and economics journals". *Journal of Economic Literature*, vol. 28, pp. 655–660.

LANDA, J., PALMA MARTOS, L., *et. al.* (2001): "*La investigación comercial en las empresas de la comunidad autónoma andaluza*". Biblioteca de Socioeconomía Sevillana. Diputación de Sevilla. Sociedad Sevilla Siglo XXI. Sevilla.

LANDABASO, M. (1996): "Evaluación de las políticas de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico: consideraciones desde la óptica del desarrollo económico regional". *XIII Congreso de Estudios Vascos: Ciencia, tecnología y cambio social en Euskal Herria*. Eusko Ikaskuntza. San Sebastián.

LANDABASO, M. (1997): "Reflexiones sobre los sistemas regionales de innovación en España, 1984-1992", *Economía Industrial*, nº. 317, pp. 103–123.

LAYTON, E. (1974): "Technology as Knowledge". *Technology and Culture*, vol. 15, pp. 31-41.

Universidad de Huelva 2009

LE BAS, C. (1981): *Économie des Innovations Techniques*. Economica. Paris.

LECAILLON, J. (1969): *Analyse Macro–économique*. Cujas. Paris.

LEKVALL, P.; WAHLBIN, C. (1973): "A Study of Some Assumptions Underlying Innovation Diffusion Functions". *Swedish Journal of Economics*, vol. 75, pp. 362–377.

LEONCINI, R. (1998): "*The nature of long-run technological change: innovation, evolution and technology systems*". Research Policy,vol. 27, pp. 75-93.

LEONCINI, R., MAGGIONI, M.A., MONTRESOR, S. (1996): "*Intersectorial innovation flows and national technological systems: network analysis for comparing Italy and Germany*". Research Policy, vol. 25, pp. 415-430.

LEONCINI, R., MONTRESOR, S. (1999): "*The automobile technological systems. An empirical analysis of four european countries*". Ponencia. EUNIP International Conference. Dublin.

LEONCINI, R., MONTRESOR, S (2000): "*Network analysis of eight technological systems*". International review of Applied Economics, vol. 14, nº 2, pp. 213-234.

LEONTIEF, W. (1986): *Input–Output Economics*. Oxford University Press. Oxford.

LEONTIEF, W. (1989): "Input–Output database for analysis of technological change". *Economic System Research*, vol. 1, nº. 3, pp. 287–299.

LEONTIEF, W. (1993): "*Input-output structure of scientific knowledge*". Institute for Economic Analysis.

LEVIN, R.; COHEN, W. M.; MOWERY, C. (1985): "R&D Appropiability, Opportunity and Market Structure: New Evidence on Some Schumpeterian Hypothesis". *American Economic Review*, vol. 75, nº. 2, pp. 20–24.

LEVIN, R.; KLEVORICK, R.; NELSON, R; WINTER, S. (1987): "Appropriating the returns from industrial research and development". *Brooking Papers on Economic Activity*, vol. 3, pp. 783–820.

LEVIN, R.; MEISEL, J. (1987): "A Dynamic Analysis of the Adoption of a New Technology: the case of Optical Scanners". *Review of Economics and Statistics*, vol. 69, pp. 12-17.

LINDNER, R.; FISHER, A.; PARDEY, P. (1979): "The Time to Adoption". *Economic Letters*, vol. 2, pp. 187–190.

LINK, A.; FINAN, A. N. (1997): "Quantifying the Private Returns to Collaborative Research: The Case of SEMATECH". *International Journal of Technology Management*, vol. 13, pp. 695–705.

Universidad de Huelva 2009

LINK, A.; SEAKS, T.; WOODBERY, S. (1988): "Firm Size and R&D Spending: Testing for Functional Form". *Southern Economic Journal*, vol. 54, nº 4, pp. 1027–1032.

LINK, A.; REES, J. (1991): "Innovative behaviour in small-sized firms". *Small Business Economics*, vol. 3, pp. 179–84.

LISSAVETZKY, J. (1989): "La investigación y el desarrollo en la Comunidad de Madrid. Un modelo flexible". *Economía Industrial*, nº. 268, pp. 85–97.

LISSONI, F.; METCALFE, J.S. (1994): "Diffusion of Innovation Ancient and Modern: A Review of the Main Themes". En DOGSON, M. y ROTHWEL (eds.): *The Handbook of the Industrial Innovation*. Edward Elgar. Cheltenham. Pp. 106–141.

LÓPEZ, R., ÁLAMO PRADAS, J. (1994): "Resultados del Plan de Actuación Tecnológico Industrial 1991-1993". *Economía Industrial*. Marzo-Abril 1994, pp. 25-34.

LÓPEZ, P. (1996): *Introducción a la Bibliometría*. Promolibro, Valencia.

LÓPEZ, J. M. (1973): "La obra de Price y el análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica". En PRICE, D.J.S. (1963): *Little Science, Big Science*. Columbia University Press. Nueva York. Traducción al castellano bajo el título *Hacia una Ciencia de la Ciencia*. Ariel. Barcelona, 1973, pp. 5-19.

LÓPEZ, J. M.; TERRADA, M. L.(1992a): "Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica (I). Usos y abusos de la bibliometría". *Medicina Clínica*, vol. 98, nº 2, pp. 64-68.

LÓPEZ, J. M.; TERRADA, M. L.(1992b): "Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica (II). La comunicación científica en las distintas áreas de las ciencias sociales". *Medicina Clínica*, vol. 98, nº 3, pp. 101-106.

LÓPEZ, J. M.; TERRADA, M. L.(1992c): "Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica (III). Los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión". *Medicina Clínica*, vol. 98, nº 4, pp. 142-148.

LÓPEZ, J. M.; TERRADA, M. L.(1992d): "Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica (IV). La aplicación de los indicadores". *Medicina Clínica*, vol. 98, nº 10, pp. 384-388.

LÓPEZ, J. (dir.) (1997): *Introducción a la Economía Andaluza*. Cívitas, Madrid.

LOURY, G. C. (1979): "Market Structure and Innovation". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 93, pp. 395-410.

LUCAS, R. (1988): "On the Mechanics of Economic Development". *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3–42.

Universidad de Huelva 2009

LUCAS, R. (1993): "Making a miracle". *Econometrica*, vol. 61, pp. 251–272.

LUNDVALL, B. A. (1988): "Innovation as an interactive process: from user–producer interaction to the national system of innovation". En G. Dosi *et al.* (eds.): *Technical change and economic theory*. Pinter Publishers. Londres. Pp. 349–369.

MACLEOD, C. (1992): "Strategies for Innovation: the Diffusion of New Technology in Nineteenth century British Industry". *Economic History Review*, vol. 45, pp. 285-307.

MADDISON, A. (1952): "Productivity in a expanding economy". *The Economic Journal*, vol. 62, pp. 584–594.

MAHAJAN, V.; MULLER, E.; BASS, F. (1990): "New Product Diffusion Models in Marketing: a Review and Directions for Research". *Journal of Marketing*, vol. 54, pp. 1-26.

MAHAJAN, V., PETERSON, R.A. (1985): *Models for innovation diffusion*. Sage University Paper.

MAJCHRZAK, A. (1988): *The Human Side of Factory Automation*. Jossey-Bass. San Francisco.

MALERBA, F. (1992): "Learning by firms and incremental technical change". *Economic Journal*, vol. 102, pp. 845–869.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1990): "Technological Regimes and Patterns of Innovation: A Theoretical and Empirical Investigation of the Italian Case" en Heertje, A. and Perlman, M. (eds.), *Evolving technology and market structure: Studies in Schumpeterian economics*. University of Michigan Press. Ann Arbor, Michigan.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1995): "Schumpeterian Patterns of Innovation". *Cambridge Journal of Economics*, nº. 19, pp. 47–65.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. (1996): "Schumpeterian patterns of innovation: are technology specific?". *Research Policy*, vol. 25, nº. 3, pp. 451–478.

MANDADO, E. (1995): "Los Parques Tecnológicos como Herramienta de Promoción de la Innovación Tecnológica". *Economía Industrial*, nº. 301, pp. 45–55.

MANSFIELD, E. (1961): "Technical Change and the Rate of Imitation". *Econometrica*, vol. 29, nº. 4, pp. 741–766.

MANSFIELD, E. (1963a): "The speed of response of firms to new techniques". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 77, pp. 290-311.

MANSFIELD, E. (1963b): "Intrafirm rates of diffusion of an innovation". *Review of Economics and Statistics*, vol. 45, pp. 348-359.

Universidad de Huelva 2009

MANSFIELD, E. (1968a): *The Economics of Technical Change*. Norton. New York.

MANSFIELD, E. (1968b): *Industrial Research and Technology Innovation*. Norton. New York.

MANSFIELD, E. (1969): "Industrial Research and Development: characteristics, costs and diffusion of results". *American Economic Review*, nº 59, pp. 65–71.

MANSFIELD, E. (1972): "Contribution of R&D to Economic Growth in the United States". *Science*, nº. 175, pp. 487–494. Reimpreso en E. MANSFIELD (ed.): *Innovation, Technology and the Economy: The Selected Essays of Edwin Mansfield*. Edward Elgar. Aldershot. Vol. 2, pp. 255–273.

MANSFIELD, E. (1980): "Basic Research and productivity increasing in manufacturing". *American Economic Review*, vol. 70, pp. 863–873.

MANSFIELD, E. (1981): "Composition of R&D expenditures: Relationship to size of firm, concentration, and innovative output". *Review of Economics and Statistics*, vol. 63, nº 4, pp. 610-615.

MANSFIELD, E. (1983a): "Long waves and technological innovation". *American Economic Review (PP)*, vol. 73, nº. 2, pp. 141–151.

MANSFIELD, E. (1983b): "Technological Change and Market Structure: An Empirical Study". *American Economic Review*, vol. 73, nº. 2, pp. 205–209.

MANSFIELD, E. (1983c): "Science and Technology". En G. W. MILLER (ed.): *Regrowing the American Economy*. Prentice–Hall. Londres. Pp. 125–150.

MANSFIELD, E. (1985a): "How Rapidly does New Industrial Technology Leak Out?". *The Journal of Industrial Economics*, vol. 34, nº. 2, pp. 217–223.

MANSFIELD, E. (1985b): "Public Policy toward Industrial Innovation: An International Study of Direct Tax Incentives for Research and Development". En K. B. KLARK, R. H. HAYES y CH. LORENZ (eds.): *The Uneasy Alliance: managing the productivity technology dilemma*. Harvard Business School Press. Boston. Pp. 383–424.

MANSFIELD, E. (1986): "Patents and Innovations: an Empirical Study". *Management Science*, vol. 32, nº 2, pp. 173-181.

MANSFIELD, E. (1987): "Diffusion of Technology". En *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*. Pp. 842–844.

MANSFIELD, E. (1988): "The Speed and Cost of Industrial Innovation in Japan and the United: external us. internal technology". *Management Science*. vol. 34, nº. 10, pp. 1157–1168.

Universidad de Huelva 2009

MANSFIELD, E. (1989): "The Diffusion of Industrial Robots in Japan and the United States". *Research Policy*, vol. 18, pp. 183-192.

MANSFIELD, E.; MANSFIELD, A. (1993): *The Economics of Technical Change*. Edward Elgar. Aldershot.

MANSFIELD, E. (1993): "The diffusion of flexible manufacture systems in Japan, Europe and the United States". *Management Science*, vol. 39, nº 2, pp. 149-159.

MANSFIELD, E.; SCHWARTZ, M.; WAGNER, S. (1981): "Imitation Costs and Patents: An Empirical Study". *The Economic Journal*, vol. 91, pp. 907–918.

MANSFIELD, E.; RAPOPORT, J.; ROMEO, A.; WAGNER, S.; BEARDSLEY, G. (1977): "Social and private rates of return from industrial innovations". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 91, pp. 221–240.

MANZANERA, E. "*Las tablas input-output regionales en el marco del SEC 95: el caso de Andalucía*". Ponencia. I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI.

MARITI, P.; SMILEY, R.H. (1983): "Co-operative Agreements and the Organization of Industry". *Journal of Industrial Economics*, vol. 31, pp. 437-451.

MARTÍN, C., 1993. "Principales enfoques en el análisis de la competitividad". *Papeles de Economía Española*, nº. 56.

MARTÍN, C.; MORENO, L.; ROMERO, L. R. (1990): "Actividades tecnológicas y estructura productiva regional". *ES*, núm. 4 (diciembre), pp. 119–136.

MARTÍN, C.; ROMERO, L. R. (1977): *Cambio técnico y dependencia tecnológica. El caso de España*. Ed. Fundación INI. Madrid.

MARTÍN, C.; ROMERO, L. R. (1984): "La importación contractual de tecnología en España: análisis de una muestra de contratos". *Economía Industrial*. Noviembre-Diciembre 1984, pp. 139-149.

MARTÍN, C.; ROMERO, L. R. (1988): "Datos para una Política Tecnológica de dimensión regional". *Papeles de Economía Española*, núm. 35, pp. 153–164.

MARTÍN, C.; SANZ, I. (1999): "La política tecnológica europea y las empresas industriales españolas". *Papeles de Economía Española*, nº. 81, pp. 260-73.

MARTÍN, C.; VELÁZQUEZ, F. (1993): "Actividad tecnológica y competitividad de las empresas industriales españolas". *Papeles de Economía*, nº. 56, pp. 194-207.

MARTÍN, J. L.; PALMA, L. (1993). "Política Científica y Planificación del Desarrollo Regional: análisis y evaluación de la experiencia andaluza (1984-1993). *Revista de Estudios Regionales*, nº 37, pp. 205-230.

Universidad de Huelva 2009

MARTÍN, M. (dir.)(1993): *Estructura Económica de Andalucía*. Espasa Calpe, Madrid.

MARTÍNEZ, M. (1989): "Nuevas tecnologías, territorio y espacio local. Reflexiones y experiencias". *Estudios Territoriales*.

MARTÍNEZ, I. (1999): "Competitividad internacional de la industria española". *Información Comercial Española*, nº. 781, pp. 143–156.

MARTÍNEZ, C.; PASCUAL, N. (1988): "Productividad multifactor y efecto capacidad en la industria española, 1971-1981". *Investigaciones Económicas*, suplemento.

MARX, K. (1848): *El Capital*. Editorial Siglo XXI, 8 volúmenes. Madrid, 1975–1981.

MARX, T. (1976): "Vertical integration in the diesel–electric locomotive building industry: a study in market failures". *Nebraska Journal of Agricultural Economics*, vol. 15, nº. 4, pp. 37–51.

MATUTES, C.; REGIBEAN, P.; ROCKETT, K. (1996): "Optimal Patent Design and the Diffusion of Innovation". *Rand Journal of Economics*, vol. 27, nº. 1, pp. 60–83.

MCNICOLL, I. H., y BAIRD, R. G. (1980): "Empirical Applications of regional Input-Output Analysis: A Case Study of Shetland". *Journal of the Operational Research Society*, vol. 36, pp. 983–991.

MCWILLIAMS, B.; ZILBERMAN, D. (1996). "Time of Technology Adoption and Learning by Using". *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 4, pp. 139-154.

MELLA, X. (1987): "La investigación y el desarrollo tecnológico en España". *Estudios Territoriales*, nº. 23.

MENCÍA, F. (1992): "El papel del Instituto de Fomento de Andalucía en la innovación y nuevas tecnologías para Andalucía". *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 14, pp. 35–46.

MÉNDEZ, R. (1992): "Efectos territoriales de las políticas tecnológicas: elementos para su evaluación", en *Las Políticas de Promoción Industrial*, AGE, Grupo de Geografía Industrial. Salamanca.

MÉNDEZ, R.; RODRÍGUEZ, J. (1991): "Innovación tecnológica y desequilibrios territoriales en España". *Estudios Territoriales*, nº. 37.

MESSICK, R. E. (ed.) (1996): *World Survey of Economic Freedom 1995–1996*. The Freedom House y Transaction Publishers. New Brunswick y Londres.

METCALFE, S. (1970): "Diffusion of Innovation in the Lancashire Textile Industry". *Manchester School*, vol. 38, pp. 145-162.

Universidad de Huelva 2009

METCALFE, S. (1981): "Impulse and Diffusion in the Process of Technological Change". *Futures*, vol. B, pp. 347-359.

METCALFE, S. (1992): "Difusión, Inversión y Proceso de Cambio Tecnológico", en GÓMEZ URANGA, M. (ed.): *El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio: debates y nuevas teorías.* Economía Crítica. Barcelona. Pp. 211–248.

MIDGLEY, D.; MORRISON, P.; ROBERTS, J. (1992): "The Effect of Network Structure in Industrial Diffusion Processes". *Research Policy*, vol. 21, pp. 533-552.

MOKYR, J. (1990): *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso técnico.* Alianza Editorial. Madrid, 1993.

MOLERO, J. (1984): "Transferencia de tecnología y capacidades tecnológicas propias". *Economía Industrial*, noviembre–diciembre, pp. 81–95.

MOLERO, J. (1990): "Economía e innovación (hacia una teoría estructural del cambio técnico)". *Economía Industrial*, nº. 275, pp. 39–54.

MOLERO, J. (1994): "Desarrollos actuales de la Teoría del cambio tecnológico: tipologías y modelos organizativos". *Información Comercial Española*, nº. 726, pp. 7–22.

MOLERO, J. (1996a): "Patterns of internationalisation of Spanish innovatory firms". Instituto de Análisis Industrial y Financiero. Universidad Complutense. Madrid. Mimeo.

MOLERO, J.(1996b): "La exportación de tecnología como factor estratégico del desarrollo industrial: un análisis sectorial". *Información Comercial Española*, nº. 752, pp. 105–117.

MOLERO, J. (2000): *Competencia global y cambio tecnológico: un desafío para la economía española.* Pirámide. Madrid.

MOLERO, J. (2001): *Innovación tecnológica y competitividad en Europa.* Síntesis. Madrid. 2001.

MOLERO, J.; BUESA, M. (1996): "Innovatory activity in Spanish firms: regular versus occasional patterns", TSER, [illegible]

MOLERO, J.; BUESA, M.; FERNÁNDEZ, C. M.; JIMÉNEZ, J. C. (1995): "Política tecnológica e innovación en la empresa española. Una evaluación de la actuación del CDTI (1984-1994)". *Documento de Trabajo del Instituto de Análisis Industrial y Financiero.* Universidad Complutense. Madrid.

MOLERO, J.; BUESA, Mikel; FERNÁNDEZ, C. M.; JIMÉNEZ, J. C.; PAVITT, K.; LERVILLE, V.; ARCHIBUGI, D.; CARRERA, M.; FONFRÍA, A.; HEYS, J. (1997): "La innovación tecnológica en la empresa española. Resultados de la encuesta IAIF-CDTI (1995)".

Universidad de Huelva 2009

Instituto de Análisis Industrial y Financiero. Universidad Complutense. Documento de Trabajo nº. 5. Madrid.

MOMIGLIANO, F.; SINISCALCO, D. (1984): "Technology and international specialization". *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, vol. 37, pp. 257–284.

MOMPÓ ROMERO, A., MONFORT MIR, V. (1989): "El registro industrial como fuente estadística regional: el caso de la comunidad valenciana". *Economía Industrial*. Julio-Agosto 89, pp. 129-140.

MORAVCSIK, M. J. (1988): "Some Contextual Problems of Science Indicators". VAN RAAN, A. F. J. (ed.): *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. North-Holland. Amsterdam. Pp. 11-32.

MORAVCSIK, M. J. (1989): "¿Cómo evaluar la ciencia y a los científicos?". *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 12, nº3, pp. 313-325.

MORENO, J. L. (1954): *Fundamentos de la Sociometría*. Paidós, Buenos Aires.

MORENO, J. L. (1970): *Fondements de la Sociométrie*. Presses Universitaires de France. París.

MOWERY, D. ; ROSENBERG, N. (1979): "The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies". *Research Policy*, vol. 8, pp. 102–135. Reeditado bajo el título "La influencia de la demanda del mercado sobre la innovación: revisión crítica de algunos estudios recientes". En N. ROSENBERG (1982): *Dentro de la Caja Negra: Tecnología y Economía*. La Llar del Llibre. Barcelona, 1993. Pp. 195–240.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. (1989): *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge University Press. Cambridge.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. (1998): *Paths of innovation. Technological change in 20th Century America*. Cambridge University Press. Cambridge.

MOWERY, D.; NELSON, R.; SAMPAT, B.; ZIEDONIS, A. (2001): "The growth of patenting and licensing by U.S. universities: an assessment of the effects of the Bayh–Dole act of 1980". *Research Policy*, vol. 30, pp 99-119.

MUÑOZ, E. (1995): "Política Tecnológica en la Unión Europea: la difícil trayectoria hacia la convergencia". *Papeles de Economía Española*, nº. 65.

MYRO, R. (1983): "Evolución de la productividad global de la economía española en el período 1965–1981". *Información Comercial Española*, nº. 594.

MYRO, R. (1997): "El crecimiento de las industrias regionales españolas. Principales rasgos determinantes". *Economía Industrial*, nº. 317, pp. 11–20.

Universidad de Huelva 2009

NABSETH, L.; RAY, G. F. (1974): *The Diffusion of New Industrial Processes: An International Study*. Cambridge University Press. Londres.

NADIRI, M.; MAMUNEAS, T. (1991): "The effects of public infrastructure and R&D capital on the cost structure and performance of U.S. manufacturing industries". *Economic Research Reports*. New York University.

NAPOLITANO, G.; SIRILLI, G. (1990): "The Patent System and the Exploitation of Inventions: Results of a Statistical Survey Conduced in Italy". *Technovation*, vol. 10, nº 1, pp. 5-16.

NARIN, F. (1976): *Evaluative bibliometrics: the use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity*. Computer Horizons.

NARIN, F.; OLIVASTRO, D. (1988): "Technology indicators based on patents and patents citation". En VAN RAAN; A.F.J. (ed.): *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. North–Holland. Amsterdam. Pp. 465–507.

NARIN, F.; OLIVASTRO, D. (1992): "Status report: Link ago between technology and science".*Research Policy*, vol. 21, pp. 237–249.

NELSON, R. (1959): "The simple economics of basic scientific research". *Journal of Political Economy*, vol. 67, pp. 297–306.

NELSON, R. (1980): "Production sets, technological knowledge and R&D: fragile and overworked constructs for analysis of productivity growth". *American Economic Review*, vol. 70.

NELSON, R. (1981): "Research on productivity growth and productivity differences: dead ends and new departures". *Journal of Economic Literature*, vol. 19, nº. 3, pp. 1029–1063.

NELSON, R. (1982): "The role for knowledge in R&D efficiency". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 96, pp. 453–470.

NELSON, R. (1995): "Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change", *Journal of Economic Literature*, vol. 33, pp. 48–90.

NELSON, R.; WINTER, S. (1977): "In search of a useful theory of innovations". *Research Policy*, vol. 6, nº. 1, pp. 36–77.

NELSON, R.; WINTER, S. (1982): *An evolutionary theory of economic change*. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

NIETO ZAYAS, C.; MARÍN DIZARAQUE, M.; GIRÓN DAVIÑA, P.; GONZÁLEZ AYUSO, J.; DURÁN, A. (1999): "Los Centros Públicos de Investigación como agentes de transferencia tecnológica: Politicas de CDTI 1988-95", en DURÁN, A.(coord.):

Universidad de Huelva 2009

Geografía de la Innovación. Libros de la Catarata. Fundación Primero de Mayo. Madrid, pp. 121-138.

NORDHAUS, W. D. (2001): *Alternative methods of measuring productivity growth*. NBER **Working Paper, nº. 8095. En** http://www.nber.org.

NORSWORTHY, J. R.; JANG, S.–L. (1992): *Empirical measurement and analysis of productivity and technological change. Applications in high–technology and service industries*. North–Holland. Amsterdam.

NORTHWAY, M. L. (1964): *Initiation à la sociométrie*. Dunod. París.

O'KEAN, J. M.; PALMA MARTOS, L.; MARTÍN, J. L. (1989): "Cambio tecnológico y función empresarial: reflexiones sobre la economía andaluza", *Revista de Estudios Andaluces*, nº. 12, pp. 1–14.

OCDE/OECD. *Technology and productivity. The challenge for economic policy*. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

ORDOVER, J. (1991): "A Patent System for Both Diffusion and Exclusion". *Journal of Economic Perspectives*, vol. 5, nº. 1, pp. 43–60.

OSTER, S. (1963): "The Diffusion of Innovation among Steel Firms: The Basic Oxygen Process". *The Bell Journal of Economics*, vol. 13, pp. 45–56.

OSTER, S. (1982): "The Diffusion of Innovation Among Steel Firms: The Basic Oxygen Process". *Bell Journal of Economics*, vol. 13, pp. 45–56.

OSTER, S.; QUIGLEY, J. (1977): "Regulatory Barriers to the Diffusion of Innovation: some Evidence from Building Codes". *Bell Journal of Economics*, vol. 8, pp. 361-377.

OULTON, N. (1989): "Productivity Growth in Manufacturing, 1963-85: the Roles of New Investment and Scrapping". *National Institute Economic Review*, vol. 132, pp. 71-91.

PAJUELO, A.; HERNÁNDEZ, E. (1991): "La planificación económica en Andalucía". *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 12, pp. 27–35.

PAKES, A. (1985): "Patents, R&D, and the stock market rate of return". *Journal of Political Economy*, vol. 93, pp. 390–409.

PAKES, A. (1986): "Patents as options: Some estimates of the value of holding European patents stocks". *Econometrica*, vol. 54, nº. 4, pp. 755–784.

PAKES, A.; GRILICHES, Z. (1984): "Patents and R&D at the firm level: A first look". En Z. GRILICHES (ed.): *R&D, Patents, and Productivity*. University of Chicago Press. Chicago. Pp. 55–72.

Universidad de Huelva 2009

PALDA, K. (1986): "Technological intensity: concept and measurement". *Research Policy*, vol. 15, nº. 4, pp. 187–198.

PALDA, K. (1993): *Innovation Policy and Canada's Competitiveness*. The Fraser Institute. **Vancouver. URL**: http://www.fraserinstitute.ca.

PALMA, L. (1997): *Innovación, entorno socioeconómico y propiedad privada: una reflexión sobre la innovación y el poder de mercado*. DT 9701. Documentos de Trabajo E.U.E.E , Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

PALMA, L.; CANTERO, J. (1994): "Exención de los acuerdos en materia de I+D como quiebra del principio de libre competencia: una reflexión sobre su justificación económica". En AUTORES VARIOS, *El Sistema Económico en la Constitución Española*. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Justicia. Madrid.

PALMA, L.; GARCÍA, A.; RODRÍGUEZ, A. (1997): "Nivel tecnológico y desarrollo Regional: un análisis de la experiencia andaluza /1980-1996)" *I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía*. Jerez, 23, 24 y 25 de abril de 1997. Edición en CD-ROM.

PALMA, L.; MARTÍN, J. L.; RODRÍGUEZ, A. (1990): "Ciencia, tecnología y desarrollo regional: la política tecnológica en Andalucía". *Comunicación presentada a la IV Reunión Anual de ASEPELT-ESPAÑA*. Murcia. Mimeo.

PALMA, L.; MARTÍN, J. L.; RODRÍGUEZ, A. (1992). "Cambio tecnológico y desarrollo regional: la política tecnológica en Andalucía (1980-1992)". *Cuadernos de Estudios Empresariales*, nº 2, pp. 147-160.

PALMA, L.; MARTÍN, J. L.; VILLAR, C. (1992): La Política Tecnológica en Andalucía: Una década de actuaciones". *Comunicación presentada a la VI Reunión Anual ASEPELT-ESPAÑA*. Granada. Mimeo.

PAMPILLÓN OLMEDO, R. (1991): *El déficit tecnológico español*. Instituto de Estudios Económicos. Madrid.

PASCUAL, F. (1994): *Objetivos y Políticas del Programa Industrial para Andalucía*. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

PASCUAL, A. (1987): "Actuaciones en política científica de la Junta de Andalucía". *Arbor*, nº. 497, pp.

PASINETTI, L. (1994): "Discurso Inaugural. Simposio de la CEEA sobre 'El Desafío Tecnológico'". *Hacienda Pública Española*, vol. 130, nº. 3, pp. 175–177.

PATEL, P.; PAVITT, K. (1994): "National Innovation Systems: Why They Are Important, and How They Might Be Measured and Compared". *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, nº. 1, pp. 77–95.

Universidad de Huelva 2009

PATEL, P.; PAVITT, K. (1995): "Patterns of Technological Change: their Measurement and Interpretation". En P. A. Stoneman (ed.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Basil Blackwell. Oxford. Pp. 14–51.

PAVITT, K. (1979): "Technical Innovation and Industrial Development: The New Causality". *Futures*.

PAVITT, K. (1984): "Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory". *Research Policy*, vol. 13, nº. 6, pp. 343–374.

PAVITT, K. (1988): "Uses and abuses of patent statistics". En A. F. J. VAN RAAN (ed.): *Handbook of quantitative studies of science and technology*. North–Holland. Amsterdam. Pp. 509–536.

PAVITT, K. (1991): "What makes basic research economically usefull?". *Research Policy*, vol. 20, pp. 109–119.

PAVITT, K.; ROBSON, M.; TOWSEND, J. (1987): "The size distribution of innovating firms in the UK: 1945–1983". *Journal of Industrial Economics*, vol. 35, nº 3, pp. 297–316.

PAYNÓ, J. A. (dir.) (1983): *Claves para el desarrollo económico de Andalucía: informe a la Junta de Andalucía sobre las potencialidades económicas de Andalucía en la perspectiva de entrada en la CEE*. Instituto de Desarrollo Regional. Sevilla.

PENNINGS, J.; HARIANTO, F.(1992): "The Diffusion of Technological Innovation in the Commercial Banking Industry". *Strategic Management Journal*, vol. 13, pp. 29-46.

PEREZ, C. (1983): "Structural change and the assimilation of new technologies in the economic and social system". *Futures*, vol. 15, nº. 4, pp. 357–375.

PHILLIPS, A. (1966): "Patents, potential competition, and technical progress". *American Economic Review*, vol. 56, pp. 301-310.

PIGOU, A. C. (1920): *Economía del bienestar*. Aguilar. Madrid, 1946.

PIORE, M. J. y SABEL, C. F. (1984): *La segunda ruptura industrial*. Alianza Editorial, Madrid, 1990.

POLO REDONDO, Y. (1986): "*Difusión de innovaciones: teoría evidencias empíricas en mercados españoles e implicaciones para la estrategia empresarial*". Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

POMARES, I. (1998a): *Comportamientos Innovadores de las Empresas Industriales en Andalucía*. Cívitas, Madrid.

POMARES, I. (1998b): "El comportamiento de las empresas innovadoras en Andalucía. Aplicación de técnicas de análisis multivariante". *Economía Industrial*, nº. 319, pp. 141–151.

Universidad de Huelva 2009

POMARES, I. (1999): *La Política Científica y Tecnológica en Andalucía*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.

POMARES, I.; PALMA, L.; AGUADO, R. (1998): *The Schumpeterian Hypothesis on Innovation: An Analysis for the Andalusian Industry*. EUNIP International Conference. Mimeo.

PORTER, M. (1990): *The competitive advantage of Nations*. Free Press. New York.

PORTER, M.; FULLER, M. B. (1986): "Coaliciones y estrategia global". *Información Comercial Española*, Junio, 1988, pp. 101-120.

PORTER, M.E., STERN, S. (2000): "*Measuring the 'ideas' production function: evidence from international patent output*". NBER Working Papers Series.

PRADAS, J. I. (1998): "La Geografía de la Innovación: bases para un modelo de Política Tecnológica". *Economía Industrial*, nº. 319, pp. 11–26.

PRICE, D. J. S. (1963): *Little Science, Big Science*. Columbia University Press. Nueva York. Traducido al Castellano bajo el título *Hacia una ciencia de la ciencia*. Ariel. Barcelona, 1973.

PRUDENCIO ALONSO, C.A. "*Comparación del sector exterior extremeño y nacional mediante el análisis input-output (1990)*". I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía. Andalucía en el umbral del siglo XXI.

PULIDO, A.; FONTELA, E. (1993): *Análisis input-output: Modelos, datos y aplicaciones*. Ediciones Pirámide. Madrid.

PYKE, F. (1994): *Small firms, technical services and inter-firm cooperation*. International Institute for Labour Studies. Ginebra.

QUÉLIN, B. (1997): "Industries High–Tech et Consortiums de R–D: les Enseignements de Sematech". *Revue d'Économie Industrielle*, nº. 80, pp. 115–128.

QUERE, M. (1994): "La investigación básica y el proceso de innovación dentro de la empresa: algunas consideraciones analíticas y estudio de un caso real". *Hacienda Pública Española*, nº 130, pp. 179–190.

QUINTANILLA, M.; MALTRAS, B.; VEGA, J. (1995): "Un modelo para la utilización del Plan Nacional como elemento de cohesión territorial del sistema científico español". *III Jornadas de la Red de Investigadores sobre Tecnología, Economía y Sociedad (RICTES)*. Valencia. Pp. 119–131.

QUIRMBACH, H. C. (1986): "The Diffusion of New Technology and the Market for an Innovation". *RAND Journal of Economics*, vol. 17, nº. 1, pp. 33–47.

Universidad de Huelva 2009

RAMÍREZ SOBRINO, J. N. (1993): *El análisis cuantitativo de la economía regional: los modelos econométricos regionales*. Publicaciones ETEA. Córdoba.

RAY, G.F. (1988): "*Full circle: the diffusion of technology*". Elsevier Science Publishers.

REINERT, E. (1993): "Catching–up from way behind. A Third World perspective on First World History". En J. FAGERGERB, B. VERSPAGEN y N. VON TUNZELMAN (eds.): *The dynamics of technology, trade and growth*. Edward Elgar. Aldershot. Pp. 168–197.

REINGANUM, J. F. (1981a): "On the Diffusion of New Technology: A Game–Theoretic Approach". *Review of Economic Studies*, vol. 48, pp. 395–405.

REINGANUM, J. F. (1981b): "Market Structure and the Diffusion of New Technology". *Bell Journal of Economics*, vol. 12, pp. 618–624.

RIALP, A. (1999): "Los enfoques micro–organizativos de la internacionalización de la empresa: una revisión y síntesis de la literatura". *Información Comercial Española*, nº. 781, pp. 117–128.

RICARDO, D. (1817): *Des principes de l'économie politique et de l'impôt*. Flammarion. París, 1971.

RICARDO, D. (1817): *Principios de Economía Política y de Tributación*. Aguilar. Madrid, 1959.

RICHARD, Frank (1998): *Recherche, Invention, Innovation*. Economica. París.

RIVAS CHAMORRO, A. (1998): "Análisis estadístico del gasto en I+D en las empresas de Castilla y León, comparación con el de las empresas españolas". *XII Reunión ASEPELT–España*. Córdoba. Edición en CD–ROM.

ROBERTS, E. (1979): "Stimulating technological innovation: organizational approaches". *Research Management*, November, pp. 26–30.

ROBERTSON, T., GATIGNON, H. (1998): "Technology development mode: a transaction cost conceptualization". *Strategic Management Journal*, vol. 19, pp. 515-31.

ROBINSON, J. (1956): *La acumulación de Capital*. Fondo de Cultura Económica. Bogotá. 1960.

ROBINSON, J. (1960): *Ensayos sobre Análisis Económico*. Fondo de Cultura Económica. México D. F. 1964.

ROBINSON, J. (1961): *Ensayos sobre la Teoría del Crecimiento Económico*. Fondo de Cultura Económica. México D. F. 1965.

ROBLES, E.; ANDRÉS, C. (1991): "De la internacionalización a la globalización de la ciencia y la tecnología". *Economía Industrial*, nº. septiembre–octubre.

Universidad de Huelva 2009

ROBSON, M., TOWNSEND, J., PAVITT, K. (1988): "Sectorial patterns of production and use of innovation in the UK: 1945-1983". Research Policy, nº 17, pp. 1-14.

ROCKETT, K. (1990): "The Quality of Licensed Technology". *The International Journal of Industrial Organization*, vol. 8, nº. 4, pp. 559–574.

RODERO, A. (1996): "La industria andaluza en el periodo autonómico". *Revista de Estudios Regionales*, nº. 44.

ROGERS, E. M. (1983): *Diffusion of Innovations*. The Free Press, Macmillan. Londres. Tercera Edición.

ROMANO, R. E. (1987): "A Note on Market Structure and Innovation when Inventors can Enter". *Journal of Industrial Economics*, vol. 35, nº. 3, pp. 353–358.

ROMEO, A. A. (1975): "Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation". *Review of Economics and Statistics*, vol. 57, pp. 311–319.

ROMEO, A. A. (1977): "The Rate of Imitation of a Capital Embodied Process Innovation". *Economics*, vol. 44, pp. 63–69.

ROMER, P. (1986a): "Increasing Returns and Long Run Growth". *Journal of Political Economy*, vol. 94, pp. 1002–1037.

ROMER, P. (1986b): "Increasing Returns and New Developments in the Theory of Growth". *NBER Working Paper Series*, nº. 3098.

ROMER, P. (1987): "Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization". *American Economic Review*, vol. 77, pp. 56–62.

ROMER, P. (1990): "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economy*, vol. 98, 5, 2, pp. 71-102.

ROMERA, F. (1992): "El parque tecnológico de Andalucía y el desarrollo regional". *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 14.

ROMERA, F. (1995): "Redes de PMES y Experiencias en los Parques Científicos y Tecnológicos: el Caso del Parque Tecnológico de Andalucía en Málaga". *Economía Industrial*, nº. 301, pp. 75–85.

ROMERO, L. R. (1984): "Desarrollo y cambio técnico en una economía abierta". *Economía Industrial*, noviembre–diciembre, pp. 67–76.

ROSE, N.; JOSKOW, P. (1990): "The Diffusion of New Technologies: evidence from the Electric Utility Industry". *Rand Journal of Economics*, vol. 21, pp. 354-373.

Universidad de Huelva 2009

ROSENBERG, N. (1969): "The direction of technological change: inducement mechanism and focusing devices". *Economic Development and Cultural Change*, vol. 18, pp. 1–24.

ROSENBERG, N. (1970): "Economic Development and the Transfer of Technology: Some Historical Perspectives". *Technology and Culture*, vol. 11, pp. 550–575.

ROSENBERG, N. (1971): *Economía del Cambio Tecnológico*. Fondo de Cultura Económica. México, 1979.

ROSENBERG, N. (1972): "Factors Affecting the Diffusion of Technology". *Explorations in Economic History*, otoño 1972, pp. 3-33.

ROSENBERG, N. (1974a): "Karl Marx on the Economic Role of Science". *Journal of Political Economy*, vol. 82, pp. 713-728.

ROSENBERG, N. (1974b): "Science, Invention and Economic Growth". *The Economic Journal*, vol. 84, pp. 90-108.

ROSENBERG, N. (1976a): "Marx as a Student of Technology". *Monthly Review*, July–August, pp. 56–77. Reeditado bajo el título "Marx, docto en tecnología", en N. Rosenberg (1982): *Dentro de la Caja Negra: tecnología y economía*. La Llar del Llibre. Barcelona, 1993. Pp. 47–61.

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

ROSENBERG, N. (1982): *Dentro de la Caja Negra: Tecnología y Economía*. La Llar del Llibre. Barcelona, 1993.

ROSENBERG, N. (1985): "The Commercialisation of Science by American Industry". En K. M. CLARK, R. H. HAYES y C. LORENZ (eds.), *The Uneasy Alliance*. Harvard Business School Press. Boston. Pp.19–51.

ROSENBERG, N. (1990): "Why do firms do basic research (with their own money)?". *Research Policy*, vol. 19, pp. 165–174.

ROSENBERG, N. (1992a): "Scientific Instrumentation and University Research". *Research Policy*, vol. 21, pp. 381-390.

ROSENBERG, N. (1992b): *Progreso Técnico: el análisis histórico*. Oikos–tau. Barcelona.

ROSENBERG, N. (1993): "Investigación y política científica: algunas cuestiones esenciales". *Economía Industrial*, enero–febrero, pp. 23–36.

ROSENBERG, N. (1994): *Exploring the black box. Technology, economics and history*. Cambridge University Press. Cambridge.

Universidad de Huelva 2009

ROSENBLOOM, R. S. (1985): "Managing technology for the long term: A managerial perspective". En K. M. CLARK, R. H. HAYES y C. LORENZ (eds.). *The Uneasy Alliance*. Harvard Business School Press. Boston. Pp. 297–327.

ROTHWELL, R. (1992): "Developments towards the Fifth Generation Model of Innovation". *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 1, nº. 4.

ROTHWELL, R.; ZEGVELD, W. (1981): *Industrial Innovation and Public Policy*. Frances Printer. Londres.

ROTHWELL, R., ZEGVELD, W., FREEMAN, C. (1979) : *Technical change and employment*. Martin ' s Press. Nueva York.

RUCABADO, J. (1992): "Las PMES y la innovación tecnológica". *Economía Industrial*, nº noviembre–diciembre, pp. 99–111.

RUIZ NAVARRO, J., CAMELO ORDAZ, C., LORENZO GÓMEZ, J.D., MARTÍN ALCÁZAR, F., VALLE CABRERA, R. (1999): *Competitividad regional y recursos intangibles. Un análisis comparado Andalucía–España*. Universidad de Cádiz. Servicio de Publicaciones. Cádiz.

SABEL, C. (1989): "Flexible Specialization and the Re-emergence of Regional Economies," en Hirst, P. y Zeitlin, J. (eds.) (1989): *Reversing Industrial Decline? Industrial Structure and Policy in Britain and Her Competitors*. Berg, Oxford. Pp. 17–70.

SÁENZ DE BURUAGA, G. (1995): "Planificación regional de la tecnología y potencial endógeno". Comunicación presentada a la *IX Reunión de Estudios Regionales. Crisis, Autonomías y Desarrollo Regional*. Universidad de Santiago de Compostela. Págs. 387–411.

SÁEZ, F. (1992): "Cambio Técnico y dinámica de empleo". En Ruesga, Santos, *Economía y Trabajo*. Pirámide. Madrid.

SÁEZ, F. *et al.* (1991a): *Tecnología y Empleo en España: Situación y perspectivas*. Secretaría de Estado de Economía y Hacienda. Madrid.

SÁEZ, F. *et al.* (1991b): "Tecnología, empleo y estructura productiva". *Economía Industrial*, nº. 27, pp. 205–216.

SAHAL, D. (1979): *Recent Advances in the Theory of Technological Change*. International Institute of Management. Berlín.

SAHAL, D. (1981): *Patterns of Technological Innovation*. Addison Wesley. Nueva York.

SAHAL, D. (1985): "Technology guide–post and innovation avenues". *Research Policy*, vol. 14, nº. 2, pp. 61–82.

Universidad de Huelva 2009

SALA-I-MARTÍN, X. (1994): "La riqueza de las regiones. Evidencia y teorías sobre crecimiento regional y convergencia". *Moneda y Crédito*, Segunda Época, Vol. XI, nº. 3.

SALGUEIRO, R. (1991): "Industria y desarrollo tecnológico en Andalucía". *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 12.

SALTER, W. E. G. (1960): *Productividad y Cambio Técnico*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Madrid, 1986.

SAMUELSON, P. A. (1965): "A Theory of Induced Innovation along Kennedy-Weizsäker Lines". *Review of Economics and Statistics*, vol. 47, nº. 4, pp. 343-356.

SAMUELSON, P. A. (1966): "Rejoinder: Agreements, Disagreements, Doubts, and the Case of Harrod-neutral Technical Change". *Review of Economics and Statistics*, vol. 48, pp. 444-448.

SÁNCHEZ, G. (1997): "La innovación tecnológica en los sistemas productivos locales: los desafíos de la globalización". *I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Jerez. Pp. 291-301.

SÁNCHEZ, G. (1998): "Un estudio sectorial sobre la estructura dimensional de la empresa industrial innovadora en Andalucía". *Estudios Regionales*, nº. 51, pp. 91-117.

SÁNCHEZ, J. (1987): "Medidas del Cambio Técnico: un modelo teórico". *Cuadernos de Economía*, vol. 15, nº. 43, pp. 289-316.

SÁNCHEZ, J. (1990): "Algunas reflexiones sobre la medida del Cambio Tecnológico". *Cuadernos de Economía*, vol. 18, nº 53, pp. 431-453.

SÁNCHEZ, J. (1992): "Algunas reflexiones sobre la medida del Cambio Tecnológico". En GÓMEZ, M. (ed.): *El Cambio Tecnológico hacia el nuevo milenio: debates y nuevas teorías*. Economía Crítica. Ediciones Icara. Barcelona. Pp. 249-277.

SÁNCHEZ RON, J.M. (1992a): "Investigación científica, desarrollo tecnológico y educación en España (1900-1950)". *ARBOR*, vol. 141, pp. 33-74.

SÁNCHEZ RON, J.M. (1992b): "La política científica desde una perspectiva histórica". *Política Científica*, vol. 33, pp. 2-5.

SÁNCHEZ RON, J.M. (1992c): "Política Científica e ideología: Albareda y los primeros años del CSIC". *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, vol. 14, pp. 53-74.

SÁNCHEZ RON, J.M. (1998): "La historia del CSIC: relevancia y necesidad". *ARBOR*, vol. 160, pp. 295-304.

Universidad de Huelva 2009

SÁNCHEZ, P. (1984): *La dependencia tecnológica española: Contratos de transferencia de tecnología entre España y el exterior*. Ministerio de Economía y Hacienda. Madrid.

SÁNCHEZ, P. (1990): "BRITE/EURAM, I+D comunitario para casi todos". *Política Científica*, nº. 22.

SÁNCHEZ, P. (1999): "Política tecnológica para sectores tradicionales: lecciones de los Estados Unidos". *Papeles de Economía Española*, nº. 81, pp. 242–259.

SANCHO, R. (1990): "Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica". *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 13, pp. 842–865.

SATO, R. y RAMACHANDRAN, R. (1980): "Measuring the impact of Technical Progress on the Demand for Intermediate Goods: A Survey". *Journal of Economic Literature*, vol. XVIII, pp. 1003–1024.

SAVIOTTI, P. (1988): "The measurement of changes in technological output". En A. F. J. VAN RAAN (ed.): *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. North-Holland. Amsterdam. Pp. 555–610.

SCHANKERMAN, M. (1998): "How valuable is patent protection? Estimates by technology field". *RAND Journal of Economics*, vol. 29, pp. 77–107.

SCHANKERMAN, M.; PAKES, A. (1984): *Estimates of the value of patents rights in European countries during the post 1950 period*. NBER Working Paper nº. 1650.

SCHERER, F. M. (1965a): "Corporate inventive output, profits and growth". *Journal of Political Economy*, vol. 73, nº. 3, pp. 290–297.

SCHERER, F. M. (1965b): "Firm size, market structure, opportunity, and the output of patented inventions". *American Economic Review*, vol. 55, pp. 1097–1125.

SCHERER, F. M. (1980): *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Rand McNally. Chicago. 2nd edition.

SCHERER, F. M. (1982): "Inter–industry technology flows in the US". *Research Policy*, vol. 11, nº. 4, pp. 227–245. Reimpreso en F. M. Scherer (1984): *Innovation and Growth*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. Pp. 32–58.

SCHERER, F. M. (1982c): "The Office of Technology Assessment and Forecast industry concordance as means of identifying industry technology origins". *World Patent Information*, vol. 4, nº. 1, pp. 12–17.

SCHERER, F. M. (1982d): "Demand–pull and technological invention: Schmookler revisited". *Journal of Industrial Economics*, vol. 30, nº. 3, pp. 226–237.

Universidad de Huelva 2009

SCHERER, F. M. (1983a): "The Propensity to Patent". *International Journal of Industrial Organization*, vol. 29, nº. 1, pp. 107–108.

SCHERER, F. M. (1984a): *Innovation and Growth*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts.

SCHERER, F. M. (1984b): "Using linked patent and R&D data to measure interindustry technology flows". En Z. GRILICHES (ed.): *R&D, patents and productivity*. University of Chicago Press. Chicago. Pp. 417–461.

SCHERER, F. M. (1990): *Industrial market structure and economic performance*. Houghton Mifflin Company. Boston, 3ª edición.

SCHERER, F. M.; ROSS, D. (1990): *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Houghton Mifflin Company. Boston.

SCHMALENSEE, R. (1974): "Brand loyalty and barriers to entry". *Southern Economic Journal*, vol. 40, pp. 579–588.

SCHMOOKLER, J. (1962): "Economic Sources of Inventive Activity". *Journal of Economic History*, March 1962, pp. 1–20. Reeditado bajo el título "Fuentes económicas de la actividad inventiva", en N. ROSENBERG (comp.) (1971): *Economía del Cambio Tecnológico*. Fondo de Cultura Económica. México, 1979. Pp. 107–135.

SCHMOOKLER, J. (1966): *Invention and Economic Growth*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

SCHMOOKLER, J. (1972): "The Size of Firm and the Growth of Knowledge", en Schmookler, J., *Patents, Innovation and Economic Change*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

SCHUMPETER. Joseph A. (1912): *Teoría del Desenvolvimiento Económico*. Fondo de Cultura Económica. México, 1976.

SCHUMPETER. Joseph A. (1935): "The analysis of economic change". *Review of Economic Studies*, May, pp. 2–10. Reeditado bajo el título "El análisis del cambio económico", en *Ensayos de J. A. Schumpeter*. Oikos–Tau. Barcelona, 1968. Pp. 131–145.

SCHUMPETER. Joseph A. (1939): *Business Cycles*. McGraw–Hill. Nueva York.

SCHUMPETER. Joseph A. (1942): *Capitalismo, Socialismo y Democracia*. Aguilar. Madrid, 1971.

SCHUMPETER. Joseph A. (1954): *Historia del Análisis Económico*. Ariel. Esplugues de Llobregat, 1971.

SCOTCHMER, S. (1999): "On the optimality of the patent renewal system". *RAND Journal of Economics*, vol. 30, nº. 27, pp. 181–196.

Universidad de Huelva 2009

SEGURA, J. (1969): *Función de Producción, Macrodistribución y Desarrollo*. Editorial Tecnos. Madrid.

SEGURA, J. (1993a): "La competitividad industrial de la economía española" en ALBI, E. (ed.): *Europa y la competitividad de la economía española*. Ariel.

SEGURA, J. (1993b) "Sobre políticas microeconómicas de competitividad". *Papeles de Economía Española*, nº. 56.

SEGURA, J.; RESTOY, F. (1986): "Una explotación de las tablas input-output de la economía española para 1975 y 1980". *Documento de Trabajo de la Fundación Empresa Pública*, nº. 8608.

SHAPIRO, C. (1985): "Patent Licensing and R&D Rivalry". *American Economic Review*, vol. 75, nº. 2, pp. 25–30.

SHEPARD, A. (1987): "Licensing to enhance demand for new technologies". *RAND Journal of Economics*, vol. 18, pp. 360–368.

SELVA, M. J. (1997): "Tecnología, investigación y desarrollo: Andalucía ante el siglo XXI". *I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. Jerez. Pp. 210–225.

SIEBERT, H. (1969): *Regional Economic Growth: Theory and Policy*. International Texbooks. Scranton.

SIMONETTI, R.; ARCHIBUGI, D.; EVANGELISTA, R. (1995): "Product and process innovations: How are they defined? How are they quantified? *Scientometrics*, vol. 32, nº 1, pp. 77-89.

SILBERSTON, A. (1987): *The economic importance of patents*. The Common Law Institute of Intellectual Property. University of London. Londres.

SIRILLI, G. (1987): "Patents and inventors: an empirical study". *Research Policy*, vol. 16, pp. 157–174.

SISMONDI, S. (1819): *Nouveaux principes d'économie politique ou de la richesse dans ses rapports avec la population*. Chez Delaunay. París.

SISMONDI, S. (1815): "*Economía Política*" en Edinburgh Encyclopedia de Brewster. Alianza. Madrid, 1969.

SOETE, L. (1979): "Firm size and innovative activity: the evidence reconsidered". *European Economic Review*, vol. 12, pp. 319–340.

SOETE, L.; DOSI, G. (1983): *Technology and Employment in the Electronics Industry*. Frances Printer. Londres.

Universidad de Huelva 2009

SOLÍS CABRERA, F. M.. (2000): *El Sistema de I+D en Andalucía dentro del contexto nacional y europeo. Una evaluación del Plan Andaluz de Investigación*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla.

SOLÍS, F. M.; BASULTO, J. (1993): "Análisis de la productividad científica en Andalucía durante el periodo 1989–1991". Comunicación presentada a la *Tenth International Conference on Input–Output Techniques*. Sevilla, 29 de marzo al 2 de abril de 1993. Mimeo.

SOLO, R. A.; ROGERS, E. M. (1972): *Inducting Technological Change for Economic Growth and Development*. Michigan State University Press. Ann Arbor.

SOLOW, R. (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function". *Review of Economic and Statistics*, vol. 39, pp. 312–330.

SOLOW, R. (1988): "Growth Theory and after". *American Economic Review*, vol 78, nº. 3, pp. 307–317.

SPENCE, A. M. (1977): "Entry capacity investment an oligopolistic pricing". *Bell Journal of Economics*, vol. 8, pp. 534–544.

SPENCE, M. (1984): "Cost reduction, competition and industry performance". *Econometria*, vol. 52, pp. 101–121.

STERLACCHINI, A. (1989): "R&D, innovation and total factor productivity growth in British manufacturing". *Applied Economics*, vol. 21, pp. 1549–1562.

STERN, S.; PORTER, M. E.; FURMAN, J. L. (2000): "The determinants of nationtal **innovative capacity". NBER Working Paper nº. 7876. En**

STONEMAN, P. (1980): "The Rate of Imitation, Learning and Profitability". *Economics Letters*, vol. 6, pp. 179–183.

STONEMAN, P. (1981): "Intra Firm Diffusion, Bayesian Learning and Profitability". *Economic Journal*, vol. 91, pp. 375–388.

STONEMAN, P. (1983a): *The Economic Analysis of Technological Change*. Oxford University Press. Oxford.

STONEMAN, P. (1983b): "Patents and R&D: Searching for a Lag Structure. Comment on Hall *et al.*". *Proceedings of the Conference on Quantitative Studies of Research and Development in Industry*. ENSAE. París, 1987. Vol. II, pp. 469–476.

STONEMAN, P. (ed.) (1995): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Basil Blackwell. Oxford.

STONEMAN, P. (1991): "The use of a levy/grant system as an alternative to tax based incentives to R&D". *Research Policy*, vol. 20, pp. 195-201.

Universidad de Huelva 2009

STONEMAN, P.; DIEDEREN, P. (1994): "Technology Diffusion and Technology Policy". *Economic Journal*, vol. 104, pp. 918-930.

STONEMAN, P.; KWON, M.J. (1994): "The Diffusion of Multiple Process Technologies". *Economic Journal*, vol. 104, pp. 420-431.

STONEMAN, P.; KWON, M.J. (1996): "Technology Adoption and Firm Profitability". *The Economic Journal*, vol. 106, pp. 952–962.

STORPER, M.(1995): "Regional technology coalitions: an essential dimension of national technology policy". *Research Policy*, vol. 24, pp. 895–911.

SURIS I JORDÁ, J. M. (1986): *La Empresa Industrial Española ante la Innovación Tecnológica*. Editorial Hispano Europea. Colección Esade. Estudios de la Empresa. Barcelona.

SUTTON, J. (2000): *Rich Trades, Scarce Capabilities. Industrial Development Revisited.* Keynes Lecture, British Academy, October 2000. Mimeo.

SUZUMURA, K. (1992): "Cooperative and Non–cooperative R&D in an Oligopoly with spillovers". *American Economic Review*, vol. 82, nº. 5, pp. 1307–1320.

SWEENEY, G. P. (1988): "Innovación, Tecnología y Reorientación del Desarrollo Regional". *Papeles de Economía Española*, nº. 35, pp. 115–131.

SYLOS-LABINI, P. (1964): *Oligopolio y Progreso Técnico.* Oikos-Tau. Barcelona. 1966.

SYLOS-LABINI, P. (1973): *Subdesarrollo y economía contemporánea.* Crítica. Grupo Editorial Grijalbo. Barcelona. 1974.

SYMEONIDIS, G. (1996): "*Innovation, Firm Size and Market Structure: Schumpeterian Hypotheses and some new Themes*". Organisation for Economic Cooperation and Development. París.

TAYLOR, C. T.; SILBERSTON, Z. A (1973): *The economic impact of the patent system.* Cambridge University Press. Cambridge.

TEECE, D. (1977): "Technology transfer by multinational firms: The resource cost of transferring technological know–how". *The Economic Journal*, vol. 87, pp. 242–261.

TEECE, D. (1982): "Toward and economic theory of the multi–product firms". *Journal of Economic Behaviour and Organization*, vol. 3, nº. 1, pp. 39–64.

TEECE, D. (1988): "Technological change and the nature of the firm". En G. Dosi *et al.* (eds.) : *Technical change and economic theory*. Pinter Publishers. Londres. Pp. 256–281.

Universidad de Huelva 2009

TERLECKYJ, N. (1974): *Effects of R&D on the productivity growth of industries: an explanatory study*. National Planning Association. Nueva York.

TERLECKYJ, N, (1980): "Direct and indirect effects of industrial research and development on the productivity growth of industries". En J. M. KENDRICK y B. VACCARA (eds.): *New developments in productivity measurement analysis*. University of Chicago Press. Chicago.

TESLER, L. G. (1982): "A theory of innovation and its effects". *The Bell Journal of Economics*, vol. 13, nº. 1, pp. 69–92.

THIRTLE, C., RUTTAN, V. (1987): "*The role of demand and supply in the generation and diffusion of technical change*". Harwood Academics, Suiza.

TIROLE, J. (1990): *La Teoría de la Organización Industrial*. Editorial Ariel. Barcelona, 1993.

TONKS, I. (1986): "The Demand for Innovation and the Diffusion of New Product". *International Journal of Industrial Organization*, vol. 4, pp. 397-408.

TORNATZKY, L.; FLEISCHER, M. (1990): *The Processes of Technological Innovation*. Lexington Books. Lexington, Massachusetts.

TORRES, J. (1996): "Andalucía 1975–1995: una larga onda de depresión económica". *Estudios Regionales*, nº. 60–61.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (1996): *Estructuras de interfaz en el sistema español de innovación*. Centro de Transferencia de Tecnología de Valencia. Valencia.

URRACA RUIZ, A. (1998): "I+D y recursos alternativos a la innovación en la industria española". *Economía Industrial*, nº 319, pp. 91-104.

USHER, A. P. (1955): "Technical change and capital formation". NBER: En *Capital Formation and Economic Growth*. National Bureau of Economic Research. Pp. 523–550. Reeditado bajo el título "Cambio técnico y formación de capital", en N. ROSENBERG (comp.) (1971): *Economía del Cambio Tecnológico*. Fondo de Cultura Económica. México, 1979. Pp. 39–65.

UTTERBACK, J. M. (1978): "Management of technology". En A. Hax (ed.): *Studies in Operations Managements*. North Holland. Amsterdam. Pp. 137–160.

UTTERBACK, J. M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. HBS Press. Cambridge Mass.,

UZAWA, H. (1961): "Neutral Inventions and the Stability of Growth Equilibrium". *Review of Economic Studies*, vol. 28, pp. 117-124.

Universidad de Huelva 2009

VACCARA, B. N. (1970): "Changes over Time in Input–Output Coefficients for the United States". En A. P. Carter y A. Brody (Eds.), *Applications of Input–Output Analysis*. Vol. 2, Amsterdam.

VALDERRAMA, J. C.; GISBERT, A.; TERRADA, M. L. (1996): *Bibliografía española e internacional de estudios bibliométricos*. Cuadernos de Documentación e Informática Biomédica. Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia. Universidad de Valencia. Valencia.

VALLÉS, J. (1981): *El Plan de Urgencia para Andalucía*. Conferencia pronunciada en el Salón de Actos de la Excma. Diputación Provincial de Sevilla en noviembre de 1980. Imprenta de la Excma. Diputación Provincial de Sevilla. Sevilla.

VÁZQUEZ, J. L.; PLACER, J. L.; PANCORBO, J. A.; MARTÍNEZ, A. (1997): "La posición andaluza en el entramado tecnológico nacional: Análisis desde la óptica de la convergencia regional". *Actas del I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía. Andalucía en el Umbral del Siglo XXI*. Jerez. Pp. 126–143.

VERNARDAKIS, N. (1993): *Input-output tables and the location of innovation among small firms in a semi-industrialized economy*. 10th International Conference on Input-Output. Sevilla.

VEGARA, J. M. (1979): *Economía política y modelos multisectoriales*. Tecnos, Madrid.

VEGARA, J. M. (1984): "Cambio Tecnológico y desarrollo económico". *Economía Industrial*, noviembre–diciembre, pp. 53–56.

VEGARA, J. M. (1989a): *Ensayos económicos sobre innovación tecnológica*. Alianza Editorial. Madrid.

VEGARA, J. M. (1989b): "Cambio tecnológico y organización industrial". *Cuadernos de Economía*, nº. 50.

VETTAS, N. (1998): "Supply and Demand in New Markets: Diffusion with Bilateral Learning". *Rand Journal of Economics*, vol. 29, pp. 215-233.

VIEIRA, M. (1992): "La difusión tecnológica y la necesidad de formación profesional en nuevas tecnologías en Andalucía". *Boletín Económico de Andalucía*, nº. 14, pp. 99–112.

VIEIRA, M. (1994): "Las Nuevas Tecnologías en la Industria Andaluza". *Documentos de Trabajo*. Instituto de Desarrollo Regional. Sevilla.

VISHWASRAO, S. (1999): "Trade–related Intellectual Property Rights and Product versus Porcess Innovations". *Atlantic Economic Journal*, vol. 27, nº. 4, pp. 444–459.

VON HIPPEL, E. (1979): "A customer active paradigm for industrial product idea generation". En M. J. Baker (ed.) *Industrial Innovation*. Macmillan. Londres.

Universidad de Huelva 2009

VON HIPPEL, E. (1982): "Appropriability of innovation benefits as a predictor of the source of innovation". *Research Policy*, vol. 11, pp. 95–116.

VON TUNZELMAN, G. N. (2000): "Technology generation, technology use and economic growth". *European Review of Economic History*, vol. 4, pp. 121–146.

VON WEIZSÄCKER, C.C. (1966): "Tentative Notes on a Two Sectors Model with Induced Technical Progress". *Review of Economic studies*, vol. 33, nº 95, pp. 245-251.

WICKSELL (1935): *Lectures on Political Economy*. Ronleedge and Kegan. Londres, 1951, 6ª Edición. Traducción Castellano Aguilar. Madrid. 1947.

WINTER, S. (1984): "Schumpeterian competition in alternative technological regimes". *Journal of Economic Behaviour and Organization*, September–December.

WOLFF, E.N. (1991): "Dynamics of growth in input-output analysis", en OCDE/OECD (1991): "*Technology and productivity. The challenge for economic policy*". Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

WOZNIAK, G. (1987): "Human Capital, Information and the Early Adoption of New Technology". *Journal of Human Resources*, vol. 22, pp. 101-112.

WRIGHT, B. (1983): "The economics of invention incentives: patents prizes and research contracts". *American Economic Review*, vol. 73, pp. 691–707.

WYATT, S.; BERTIN, G.; PAVITT, K. (1985): "Patents and multinational corporations: results from questionnaires". *World Patent Information*, vol. 7, nº. 3, pp. 196–212.

YAGÜE GUILLÉN, J. (1992): "*La actividad innovadora de la PME industrial española*". Economía Industrial. Marzo-Abril 1992, pp. 137-149.

YOUNG, A. (1995): "The tyranny of numbers: confronting the statistical realities of the East Asian growth experience". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 110, pp. 641–680.

ZACKS, R. (2000): "The TR university research scorecard". *Technology Review*, vol. 103 nº 4, pp. 88-90.

ZIMAN, J. (1976): *La fuerza del conocimiento: la dimensión científica de la sociedad*. Alianza Editorial. Madrid, 1980.

Universidad de Huelva 2009

FUENTES ESTADÍSTICAS Y DOCUMENTALES.

AA. VV. (1979): *Tabla Input-Output y Contabilidad Regional de la Economía Andaluza*. Departamento de Política Económica; Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Sevilla; Banco de Bilbao. Sevilla.

AA. VV. (1985): *Cuentas Económicas de Andalucía. Tabla Input–Output y contabilidad regional*. Banco de Bilbao-Andalucía; Junta de Andalucía; Cajas rurales de Andalucía; Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla. Sevilla.

BANCO DE ESPAÑA (1982): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1983): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1984): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1985): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1986): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1987): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1988): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1989): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1990): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1991): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1992): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1993): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1994): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1995): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1996): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1997): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1998): *Informe Anual*. Madrid.

BANCO DE ESPAÑA (1999): *Informe Anual*. Madrid.

Universidad de Huelva 2009

CDTI (1991): *Informe de acciones industriales del Plan Nacional en 1988–1990 y análisis 1991. Proyectos concertados*. Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial. Madrid.

CDTI (1995): *Sistemas Regionales de Innovación*. Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial. Madrid.

CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL (1992): *Desarrollo Tecnológico*. CDTI, Madrid.

CICYT (1990): *Memoria de desarrollo del Plan Nacional de I–D en 1989*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

CICYT (1991a): *Memoria de desarrollo del Plan Nacional de I–D en 1990*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

CICYT (1991b): *Memoria de desarrollo del Plan Nacional de I–D en el período 1988–1990 y previsión para 1992–1995*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

CICYT (1993): *Memoria de desarrollo del Plan Nacional de I–D en el período 1988–1991*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

CICYT (1994): *Memoria de desarrollo del Plan Nacional de I–D en 1992*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

CICYT (1995a): *Informe sobre el III Plan Nacional de I–D (1996–1999)*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

CICYT (1995b): *Sistema español de Ciencia y Tecnología*. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1977): "La politique commune dans le secteur de la science et de la technologie". *Bulletin des Communautés Européennes*, Sup. 3/77. Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1991): *Patent Statistics as a measure to evalue R&D Programs*.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1992): *La investigación después de Maastricht: un balance, una estrategia*. SEC(92)682. Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1993): *Crecimiento, competitividad y empleo. Retos y Pistas para entrar en el Siglo XXI*. Boletín de las Comunidades Europeas, suplemento 6/93. Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1994): *An Industrial Competitiveness Policy for the European Union*. Bruselas.

Universidad de Huelva 2009

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1995): *Libro verde de la innovación*, COM (95) 688 final de 20.12. 1995. Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1997): *Aplicación del Primer Plan de Acción para la Innovación en Europa: la innovación al servicio del crecimiento y el empleo*. COM(97)736. Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1998): "European Competitiveness in the triad: macroeconomic and structural aspects". *European Economy*, nº. 7, suplemento A.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (1998): *Actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico en la Unión Europea. Informe Anual 1998*. COM(98)439. Bruselas.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2000): *Realización del "Espacio Europeo de la Investigación": orientaciones para las acciones de la Unión en el ámbito de la investigación (2002-2006)*. COM(2000)612 final,4/10/2000. Bruselas.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1988): "*Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico: 1988-1991*".Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de Publicaciones, Madrid.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1989a): "*Los programas de I+D de la Comunidad Europea*".Comisión Interministerial de Ciencia y tecnologia,Madrid.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1989b): "*Sistema Español de ciencia y tecnología*". Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de Publicaciones, Madrid.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1989a): "*Plan Nacional de I+D en 1988: un primer balance*". Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Madrid.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1990a): "*La Europa de la ciencia y la tecnología*". Comisión Interministerial de ciencia y tecnologia, Madrid

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1990b): "*Memoria*". Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de Publicaciones, Madrid.

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (1997): "*Estrategia de I+D en el marco de la Comisión Interministerial de ciencia y tecnología*". Comisión Interministerial de ciencia y tecnología, Madrid.

COMISIONES OBRERAS (1995): *Reflexiones sobre el III Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico*. Confederación Sindical de Comisiones Obreras. Madrid.

Universidad de Huelva 2009

EUROSTAT (1996): *La dimensión regional de las estadísticas de I–D e innovación. Manual regional*". Oficina de Publicaciones C.C.E.E. Luxemburgo.

EUROSTAT (2001): *Statistiques sur l'innovation en Europe. Données 1996–1997.* Office des publications officielles des Communautés européennes. Luxemburgo.

FUNDACIÓN COTEC PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (1996): « *Fuentes de Innovación relevantes para la gestión de tecnología 1964-1994* ». COTEC, Madrid.

IEA (1994): *Contabilidad regional y Tabla Input- Output de Andalucía 1990.* Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

IEA (1995): *Indicadores Económicos de Andalucía, Cuarto Trimestre 1995.* Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

IEA (1999): *Contabilidad regional y Tabla Input–Output de Andalucía 1995.* Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

IEA (2001): *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas. Resultados de Andalucía. Año 1998.* Instituto de Estadística de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

IFA (1991): *El Sector Industrial en Andalucía.* Instituto de Fomento de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

IFA (1996): *Sistema Regional de Innovación y Transferencia de Tecnología (proyecto RITTS 037).* Instituto de Fomento de Andalucía. Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

INE (1989): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1987).* Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1990): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1988).* Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1991): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1989).* Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1993): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1990).* Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1994): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1991).* Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

Universidad de Huelva 2009

INE (1995): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1992)*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1996): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1993)*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1997): *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 1994*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1997): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1994)*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1998): *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 1996*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1998): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1995)*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (1999): *Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1997)*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (2000): *Las Estadísticas sobre Gastos en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico: 35 años de historia*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INE (2000): *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas 1998*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.

INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR. (1995): *Censo Oficial de Exportadores Españoles*. Ediciones del Instituto Español de Comercio Exterior, 14ª Edición. Madrid.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1980): *Plan de Urgencia de Andalucía*. Junta de Andalucía. Sevilla. Mimeo.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1985a): *Plan Económico para Andalucía*. Consejería de Economía, Planificación, Industria y Energía. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1985b): *Programa de Política Científica 1984*. Dirección General de Universidades e Investigación. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1986): *Programa de Política Científica 1985*. Dirección General de Universidades e Investigación. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1987): *Programa de Política Científica 1986-87*. Dirección General de Universidades e Investigación. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla.

Universidad de Huelva 2009

JUNTA DE ANDALUCÍA (1988): *Programa Andaluz de Desarrollo Económico 1987–1990.* Consejería de Economía y Fomento. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1989): *Acciones 1988. Plan Andaluz de Investigación.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

JUNTA DE ANDALUCÍA (1990a): *Acciones 1989. Plan Andaluz de Investigación.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

JUNTA DE ANDALUCÍA (1990b): *Plan Andaluz de Investigación 1990–1994.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1990c): *Plan Andaluz de Desarrollo Económico 1991–1994.* Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1991a): *Acciones 1990. Plan Andaluz de Investigación.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

JUNTA DE ANDALUCÍA (1992): *Acciones 1991. Plan Andaluz de Investigación.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

JUNTA DE ANDALUCÍA (1994): *Programa Industrial para Andalucía.* Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1995): *Acciones 1990–1993. Plan Andaluz de Investigación.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

JUNTA DE ANDALUCÍA (1996): *II Plan Andaluz de Investigación 1996–1999.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1998a): *Acciones Plan Andaluz de Investigación 1994–1997.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

JUNTA DE ANDALUCÍA (1998b): *Plan Económico Andalucía Horizonte 2000.* Consejería de Economía y Hacienda. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (1999): *Programa Industrial para Andalucía 1998–2001.* Consejería de Trabajo e Industria. Junta de Andalucía. Sevilla.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2000): *III Plan Andaluz de Investigación 2000–2003.*. Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla. URL: [illegible] andaluces.

JUNTA DE ANDALUCÍA (2001): *Acciones del Plan Andaluz de Investigación 1998–2000.* Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Andalucía. Sevilla

Universidad de Huelva 2009

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1993a): *Un panorama de la industria española.* Estudio realizado por la Fundación Empresa Pública. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Centro de Publicaciones. Madrid.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1993b): *Las empresas industriales en España. Encuestas sobre Estrategias de las Empresas Industriales. 1993-1997.* Estudio realizado por la Fundación Empresa Pública. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, Centro de Publicaciones. Madrid.

OCDE/OECD (1962): *La mesure des activités scientifiques et techniques: Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement.* DAS/PD/62.47. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1967): *Année Statistique Internationale sur la Recherche et le Développement: Une étude sur les ressources consacrées à la R D dans les pays Membres de l'OCDE en 1963–1964. Volume I, Ampleur et structure de l'effort global de R–D dans les pays Membres de l'OCDE.* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1968): *Année Statistique Internationale sur la Recherche et le Développement: Une étude sur les ressources consacrées à la R–D dans les pays Membres de l'OCDE en 1963–1964. Volume II, Tableaux statistiques et notes explicatives.* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1970): *La mesure des activités scientifiques et techniques: Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement.* DAS/SPR/70.40. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1975a): *Évolution des priorités de la recherche publique. Étude expérimentale des changements intervenus dans les objectifs des gouvernements dans douze pays Membres de l'OCDE, de 1961 à 1972.* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1975b): *Profils des ressources consacrées à la recherche et le développement expérimental dans la zone OCDE.* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1976): *La mesure des activités scientifiques et techniques: Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental. «Manuel de Frascati».* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1979): *Évolution de la R–D industrielle dans certains pays Membres de l'OCDE, 1967–1975.* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

Universidad de Huelva 2009

OCDE/OECD (1981): *La mesure des activités scientifiques et techniques. Méthode type proposée pour les enquêtes sur la Recherche et le Développement expérimental. «Manuel de Frascati» 1980.* Organization for Economic Cooperation and Development. París.

OCDE/OECD (1984): *Committee for Scientific and Technological Policy, Science, Technology and Competitiveness: Analytical Report of the Ad Hoc Group.* Organization for Economic Cooperation and Development, STP (84) 26. Paris.

OCDE/OECD (1988): *Science and Technology Policy Outlook.* Organization for Economic Cooperation and Development. París.

OCDE/OECD (1989): *La mesure des activités scientifiques et techniques. Statistiques de R–D et mesure des résultats dans l'enseignement supérieur. «Manuel de Frascati» Supplément.* Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.

OCDE/OECD (1994a): *The measurement of scientific and technological activities. Proposed standard practice for surveys of research and experimental development. Frascati Manual 1993.* Organization for Economic Cooperation and Development. París.

OCDE/OECD (1994b): *La mesure des activités scientifiques et technologiques. Les données sur les brevets d'investigation et leur utilisation comme indicateurs de la science et de la technologie. Manuel Brevet 1994.* Organization for Economic Cooperation and Development. París.

OCDE/OECD (1994c): *Science and Technology Policy Outlook: part I. Policy trends in OECD countries.* Organization for Economic Cooperation and Development DSTI/STP (94) 1. Paris.

OCDE/OECD (1994d): *Science and Technology Policy Outlook: part II. Trends in S&T efforts and performance.* Organization for Economic Cooperation and Development DSTI/STP (94) 1. París.

OCDE/OECD (1995): *La mesure des activités scientifiques et technologiques. Manuel sur la mesure des ressources humaines consacrés à la technologie. Manuel de Camberra.* Organization for Economic Cooperation and Development. París.

OKUBO, Y. (1997): *Indicateurs bibliometriques et analyse des sistèmes de recherche. Méthodes et exemples.* Organization for Economic Cooperation and Development DSTI/STP (97) 1, OCDE/GD (97) 41. París.

UNESCO (1969): "La medición de las actividades científicas y tecnológicas". Extracto de las páginas 22, 23 y 29 incorporado en C. FREEMAN (1974): *La teoría económica de la innovación industrial.* Alianza. Madrid, 1975. Pp. 327–332.

Universidad de Huelva 2009

UNESCO (1970): "La medición del output de investigación y desarrollo tecnológico". Extractos de los capítulos 2 a 6 incorporados en C. FREEMAN (1974): *La teoría económica de la innovación industrial*. Alianza. Madrid, 1975. Pp. 333–387.

UNESCO (1978): *Recommandation concernant la normalisation internationale des statistiques relatives à la science et la technologie*. París, 27 de noviembre de 1978.

UNESCO (1979a): *Science, technologie et politique du gouvernement: une* conférence ministérielle pour l'Europe et l'Amerique du Nord (MINESPOL II). UNESCO, París.

UNESCO (1979b): *Activités de l'Unesco en science et technologie dans la région d'Europe et d'Amérique du Nord*. UNESCO, París.

UNESCO (1997): *Classification international type de l'éducation CITE 1997*. París, noviembre de 1997.

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva

Reunido el Tribunal integrado por los abajo firmantes en el día de la fecha, para juzgar la Tesis Doctoral de D. / Dª. ANTONIO GARCÍA SÁNCHEZ

Titulada NIVEL Y PROCESOS DE DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA UN ANÁLISIS APLICADO A LA ECONOMÍA INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA 1975-1995

acordó otorgarle la calificación de SOBRESALIENTE CUM LAUDE POR UNANIMIDAD.

Huelva, 28 de JUNIO de 2002

El Vocal | El Vocal | El Vocal

El Presidente | El Secretario | El Doctorando

Universidad de Huelva 2009

Universidad de Huelva 2009

UNIVERSIDAD DE HUELVA
BIBLIOTECA
0000210364

Universidad de Huelva 2009