

UNIVERSIDAD DE BARCELONA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS JURÍDICAS, ECONÓMICAS Y SOCIALES  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES  
DEPARTAMENTO DE POLÍTICA ECONÓMICA Y ESTRUCTURA ECONÓMICA MUNDIAL

*LA POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN ESPAÑA, 1996 - 2001*

TESIS DOCTORAL DEFENDIDA POR XAVIER CARAVACA DOMÍNGUEZ PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE DOCTOR EN CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

MEMORIA DIRIGIDA POR EL DOCTOR JOAQUIN NOVELLA IZQUIERDO  
CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD

PROGRAMA DE DOCTORADO  
ECONOMÍA INTERNACIONAL Y DESARROLLO ECONÓMICO. BIENO 1993-95

BARCELONA, JUNIO DE 2003



## **Introducción**

En los últimos años ha ido creciendo, tanto en círculos académicos como políticos, el interés por las cuestiones relacionadas con el impacto económico de la ciencia y la tecnología, así como por las posibles actuaciones del sector público en su promoción y fomento.

Ya sea como mecanismo de crecimiento económico, de competitividad o, en definitiva y más genéricamente, como mecanismo para incrementar el bienestar social, se ha destacado la influencia que los aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología poseen sobre aquellas variables.

Este fenómeno del acrecido interés por estas cuestiones es propio de todos los países desarrollados y sin duda guarda relaciones con el auge del fenómeno de la globalización. Y, desde luego, España no se ha mantenido al margen de esta dinámica. La producción científica en dicho ámbito y desde diversas orientaciones teóricas resulta importante y, dentro del marco político, la ciencia y la tecnología han visto cómo a ellas se les ha otorgado un ministerio de reciente creación.

Este trabajo se integra en dicho contexto y pretende estudiar la política científica y tecnológica española como una parte de la política económica. Es decir, estudiar las razones económicas por las cuales el sector público decide intervenir a la hora de promover la ciencia y la tecnología, ver qué instrumentos utiliza para ello y reflexionar sobre los resultados obtenidos.

Esta obra se estructura en torno a cuatro grandes partes, algunas de las cuales se dividen en diversas secciones.

Empezamos por una introducción teórica donde se presentan los temas fundamentales de los aspectos económicos relacionados con la ciencia y la tecnología. Se exponen y definen los conceptos básicos, se presentan las aportaciones fundamentales de diversas escuelas económicas y se entra en mayor detalle sobre algunos de los impactos más importantes que sobre algunas variables económicas presentan la ciencia y la tecnología. Esta primera parte concluye con unos capítulos sobre la teoría de la política científica y tecnológica y sobre sus instrumentos más utilizados.

La segunda parte se dedica a la política científica y tecnológica reciente en la Unión Europea. Empero, antes de pasar específicamente a ese empeño, se ofrece un conjunto básico de indicadores para definir la situación, esfuerzo y resultados en materia de ciencia y tecnología en diversos países desarrollados, tanto de la UE como, en un contexto más amplio, de la OCDE. Resulta oportuno introducir este elemento comparativo por cuanto conviene contextualizar la situación española en relación con la de nuestros países vecinos y socios en el gran proyecto europeo y también en el área de la OCDE.

Una vez realizada esta presentación de indicadores se estudia propiamente la política científica y tecnológica de la UE. Ello es imprescindible porque, en primer lugar, su diseño y sus mecanismos poseen una influencia determinante a la hora de orientar la política científica y tecnológica doméstica, no sólo en España. Y en segundo lugar, porque la política comunitaria en dicha materia es también política española, dado que felizmente pertenecemos a la UE y a que sus actuaciones en todos los órdenes forman parte de nuestra propia política.

En esta segunda parte se ha seguido un criterio cronológico. Tras dos capítulos que comentan la base jurídica y el sistema institucional --entendiendo por tal el conjunto de organismos que diseñan y ejecutan esta política-- se analizan cronológicamente los principales hitos en la materia que nos ocupa: el Libro Verde y el Plan de Acción, el Quinto Programa Marco, la Cumbre de Lisboa y el Espacio Europeo de Investigación para concluir en el recientemente entrado en vigor Sexto Programa Marco.

La tercera parte es la más breve, y se centra en un análisis de los principales contenidos de la política científica y tecnológica reciente de dos países importantes de nuestro entorno: el Reino Unido y Francia, amén de la descripción de su sistema institucional en el área de la política científica y tecnológica. Se ha optado por estos dos países, además de porque constituyen dos referentes como "grandes" que son de la UE, porque de alguna manera representan tradiciones bastante opuestas en cuanto a las orientaciones generales de su política científica y tecnológica en las últimas décadas: Francia representa un modelo sumamente intervencionista, con una gran alianza entre la industria y el Estado en sectores considerados estratégicos. En cambio, el Reino Unido aporta una tradición más liberal, que se exagera durante los mandatos conservadores de los años ochenta y hasta mediados de los noventa.

La cuarta parte examina, ya sí, la política científica y tecnológica reciente en España. Aquí se ha optado por organizar el trabajo en diversas secciones: en primer lugar se describen brevemente los antecedentes históricos de la política científica y tecnológica española desde los años cuarenta, así como los principales hitos producidos en este período, como han sido la Ley de la Ciencia de 1986 y la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) en el año 2000.

La segunda sección de esta cuarta parte analiza los diversos indicadores de la ciencia y la tecnología en España, así como el comportamiento de las empresas en esta materia mediante el examen de las fuentes que se indican en el lugar oportuno.

Sigue otra sección donde se analizan las diversas actuaciones de la política científica y tecnológica española en el período estudiado: el ámbito presupuestario, los dos últimos Planes Nacionales, las actuaciones del MCYT y otros instrumentos utilizados por la política científica y tecnológica en España, incluyendo algunas evaluaciones de los mismos. Cierra esta sección un examen de determinadas variables que definen la situación de las ramas productivas españolas en términos de valor añadido, empleo y comercio exterior en relación con el contenido tecnológico de dichas ramas, un capítulo donde se utilizan algunas herramientas econométricas sencillas para

relacionar diversos tipos de indicadores de ciencia y tecnología y una comparación internacional de las grandes orientaciones de la política científica y tecnológica a partir del examen del gasto público en varios países de nuestro entorno.

Una última sección analiza específicamente la participación de España en diversos programas internacionales, especial, pero no únicamente, el Programa Marco de la Unión Europea.

Las cuatro partes en que se estructura este trabajo se cierran con unas conclusiones para cada una de ellas que resumen sucintamente sus principales contenidos. Las de la cuarta parte son más extensas y se acompañan de unas recomendaciones sobre medidas de política científica y tecnológica para España.

Por último, y como recapitulación de todos los contenidos, se ofrecen unas conclusiones generales de toda la obra, con sus correspondientes recomendaciones de política económica, a las que se añaden asimismo unas orientaciones sobre la futuras líneas de investigación a desarrollar. Cierra el conjunto la bibliografía utilizada y el índice.

La metodología de la obra queda en cierta medida reflejada en la estructuración que acabo de citar. Se enmarca el caso español en su contexto más amplio que es la Unión Europea y se analizan las diversas medidas realizadas en los últimos años en materia de política científica y tecnológica, intentando determinar cuáles han sido los principales efectos. Esto es, las valoraciones y evaluaciones de las medidas. El trabajo ofrece especialmente una panorámica descriptiva que pretende englobar los hechos más importantes en relación con la materia que nos ocupa.

Para todo ello, el material de trabajo utilizado lo constituyen diversas fuentes estadísticas, insustituibles a la hora de fijar y describir la realidad en que nos movemos; los documentos oficiales emitidos por los organismos en cuyas manos está el diseño y la gestión de la política científica y tecnológica; y las aportaciones realizadas por los investigadores y especialistas en estas cuestiones, lo que los juristas llaman la *doctrina*.

A partir de este diverso material, se aplica un método de análisis basado en el estudio de la evolución cronológica de acciones e indicadores, de las tendencias observadas en la orientación, prioridades y efectos de las medidas de política científica y tecnológica instrumentadas, enfocando el análisis desde un punto de vista general --en el sentido de que no se estudia la situación de un sector particular, sino que se ofrece una perspectiva completa-- y para el conjunto de España, aun cuando se han introducido asimismo indicadores por Comunidades Autónomas.

Aunque el análisis se ha realizado para España --incluyendo las orientaciones generales de la política comunitaria-- se introduce un elemento de comparación con otros países, a través del análisis de sus indicadores y, más específicamente para Francia y el Reino Unido, de la

inclusión de referencias sobre su sistema institucional, antecedentes y políticas recientes en materia de política científica y tecnológica.

No podría concluir esta introducción sin detallar el capítulo de agradecimientos. En primer lugar, al director de tesis y supervisor de mi trayectoria universitaria, Dr. Joaquín Novella, de cuyo grupo de trabajo formo parte, al cual agradezco el trabajo de seguimiento y supervisión y el consejo y estímulo para la realización de este trabajo, así como el apoyo en los momentos, no pocos, de desfallecimiento.

En segundo lugar, a mis compañeros de Departamento, especialmente a Joan Alujas, por sus juicios siempre equilibrados y por la ayuda prestada para la elaboración de este trabajo.

Y por supuesto, a mis padres y hermano, sin los que nada es posible.

Asimismo, no debo olvidarme de agradecer al antiguo Ministerio de Educación la concesión en su momento de una Beca FPI, sin la cual este trabajo no hubiera podido iniciarse.

## **Primera parte: Introducción**

*Sección primera: conceptos básicos del cambio tecnológico*

## Capítulo uno. El cambio técnico: conceptos generales y tipología.

### 1. Introducción

El objeto del presente capítulo consiste en precisar algunos conceptos que surgen constantemente cuando se tocan temas de tecnología. Más adelante, en capítulos posteriores, se matizará el alcance de los mismos y se aludirá a los fundamentos teóricos en que descansan.

De igual modo, se aludirá a cuestiones generales que surgen con frecuencia cuando se estudian determinados aspectos del hecho tecnológico, como la tipología del cambio tecnológico, las formas de acceso a la tecnología, los indicadores de ciencia y tecnología, etc.

### 2. Terminología habitual

Para empezar, conviene definir qué se entiende por tecnología. Ésta puede caracterizarse *como un factor de producción formado por un conjunto de conocimientos que sirven para la fabricación de bienes y la prestación de servicios* (Pampillón (1991), pág. 5). Otra definición señala que *bajo el concepto de tecnología se engloba el conjunto de los conocimientos teóricos y empíricos que se contiene en los equipos, métodos, procedimientos, organización, rutinas y “saber hacer” de las empresas e instituciones, y que se utilizan en las actividades de producción de bienes y servicios. La tecnología, por tanto, se diferencia del conocimiento científico --aunque ambos se encuentren interrelacionados--, pues mientras éste se configura con independencia de sus posibilidades de aplicación productiva, aquélla sólo adquiere existencia real en su empleo dentro de las unidades de producción* (Molero y Buesa (1997), pág. 135).

Relacionado con lo anterior, el progreso técnico comprendería *ciertas clases de conocimiento que hacen posible producir: 1) un mayor volumen de producción total o 2) una producción total cualitativamente superior, a partir de una determinada cantidad de recursos* (Rosenberg (1993e), pág. 17). Pampillón entiende que *el progreso técnico está íntimamente relacionado con la tecnología y se define como el conjunto de cambios habidos en el dominio de la tecnología que son resultado de combinar la investigación, el desarrollo y la innovación* (Pampillón (1991), pág. 5). Vegara, por su parte, indica que la expresión cambio técnico<sup>1</sup> *hace referencia,*

---

<sup>1</sup> Nótese que Pampillón alude al “progreso” técnico, y que Vegara lo hace al “cambio”. A lo largo de este trabajo utilizaré un criterio pragmático que consiste en identificar ambas expresiones. Stoneman, sin embargo, enfatiza: *Frecuentemente, el cambio técnico se iguala con el avance (progreso) técnico, pero debería quedar inmediatamente claro que ambos términos no son sinónimos. No todo cambio es un avance, aunque todo avance será un cambio.* (Stoneman (1987a), pág. 8. La traducción es mía. En lo sucesivo, si

generalmente, al conjunto de temas que comprenden la invención, la innovación, la transferencia y la difusión de tecnologías y de técnicas, así como sus efectos e impactos... Entenderemos por tecnologías conjuntos de conocimientos y por técnicas los sistemas físicos que los hacen operacionales (Vegara (1989b), pág. 16).

Una definición más pragmática de ambos conceptos, entiende la tecnología como el conjunto social del conocimiento de las disciplinas industriales, siendo el cambio tecnológico, el cambio de dicho conjunto (Schmookler (1966), pág. 1).

Debido a que estos conceptos son de frecuente uso creo oportuno entrar a definirlos con alguna precisión en los párrafos siguientes<sup>2</sup>, sin perjuicio de que en secciones posteriores haya que matizar las relaciones que se establecen entre ellos con cierta profundidad.

I. Por investigación básica se entiende la búsqueda de algún conocimiento original para el avance de la ciencia pura, sin pensar en objetivos comerciales específicos. Se trata de una actividad de investigación no dirigida estrictamente hacia aplicaciones prácticas. La investigación básica intenta generar conocimientos científicos sin necesidad de obtener resultados económicos. Sin embargo, el que estos conceptos o principios científicos todavía no posean una utilidad directa en la producción de bienes y servicios no quiere decir que no pueden llegar a tenerla tras un esfuerzo posterior de estudio y experimentación.

II. La investigación aplicada es la que va dirigida a descubrir un nuevo conocimiento científico para objetivos específicamente comerciales. Pretende soluciones prácticas a problemas concretos y determinados y su objetivo es plasmar los avances teóricos obtenidos en la investigación básica en nuevos productos o procesos a través de la investigación científica. El resultado de la investigación aplicada es la invención o invento que es susceptible de registro en el sistema de patentes<sup>3</sup>.

III. Una invención o invento es la primera creación de un conocimiento que puede o no derivarse de las diversas ciencias. La invención es la generación de nuevas ideas.

IV. El desarrollo (a veces se le denomina investigación en desarrollo) es una actividad técnica de naturaleza no rutinaria dedicada a trasladar los productos y procesos resultantes de la investigación básica o aplicada a la actividad normal de la empresas. El desarrollo introduce nuevos productos en los mercados para su explotación comercial y nuevos procesos de

---

no se indica lo contrario, todas las traducciones de fuentes originales que no estén en castellano, serán mías).

<sup>2</sup> Sigo aquí de una forma bastante literal la ya citada obra de Pampillón, quien a su vez toma la distinción de la *National Science Foundation of America*. Sin embargo añado elementos que tomo de Vegara (1989b), Stoneman (1987a), Escorsa y Solé (1988) y Martín y Romero (1989). Otro trabajo breve que ofrece una visión panorámica sobre diversos aspectos relacionados con la tecnología y la industria es Barceló (1996).

<sup>3</sup> Una patente es un título otorgado por la autoridad pública que garantiza al inventor el monopolio de explotación temporal de su invención registrada en la oficina de patentes y publicada por la misma oficina. Mediante la patente, el titular puede disfrutar en exclusividad de los resultados industriales de su propia invención durante un período de tiempo determinado, generalmente unos veinte años o conceder la licencia a otro, para que la explote, a través del pago de un canon o *royalty*. (Pampillón (1991), págs. 18 y 19).

fabricación en los sistemas de producción. Así, el desarrollo se propone la adaptación de las invenciones para su aplicación comercial, y en él se incluyen tanto la construcción de prototipos, diseños y realización de plantas piloto y todos los trabajos de ingeniería necesarios para la puesta en fabricación del invento, como los primeros esfuerzos de marketing para adecuarlo a las características del mercado. El resultado del desarrollo es la innovación.

La Investigación y Desarrollo (I+D, en lo sucesivo) constituye un espectro de actividades relacionadas con la actividad económica que sigue la secuencia descrita. Comenzaría con unas actividades básicas de investigación inciertas y poco concretas y avanza por etapas de más concreción y aplicación comercial, a la vez que la incertidumbre técnica y económica asociada a cada una de las fases va disminuyendo, mientras que el grado de rentabilidad y apropiabilidad de los resultados observa un comportamiento opuesto.

V. La innovación tecnológica es la primera aplicación de la investigación en una nueva dirección con éxito comercial. Se trata del acto o proceso consistente en acoplar en un país o ámbito espacial preciso una nueva oportunidad tecnológica con una necesidad o, en su caso, con una demanda solvente. Su origen puede ser una invención o el producto más inmediato de una transferencia de tecnología. Como se ve, si la invención era la generación de nuevas ideas, la innovación abarcaría el desarrollo de nuevas ideas transformadas en productos que pueden intercambiarse en el mercado o en procesos para generar productos. Como es fácil deducir de aquí, no todas las invenciones conducen necesariamente a innovaciones, si las primeras no encuentran una aplicación comercial.

La innovación surge de los procesos anteriormente descritos y de la función empresarial que consistiría en la decisión de lanzar al mercado el invento, la obtención de recursos para ello y la organización del modo de llevarlo a cabo.

Existen muchas formas alternativas de definir el concepto de innovación sin variar el sentido sustancial del concepto. Una definición célebre de innovación es la de Jacob Schmookler, quien propone lo siguiente:

Cuando una empresa produce un bien o servicio o utiliza un método o *input* que le es novedoso, está realizando cambio técnico. La primera empresa que produce un determinado cambio técnico es un innovador. Su acción es la innovación<sup>4</sup>.

Otra conceptualización clásica del concepto "innovación" se la debemos a Schumpeter. Este autor entiende que hay cinco tipos de innovación. Reproduzco esa tipología con sus propias palabras:

---

<sup>4</sup> Schmookler (1966). Tomo la cita literal de Hall (1994), pág. 17.

1) La introducción de un nuevo bien, esto es, uno con el que no se hayan familiarizado los consumidores, o de una nueva calidad de un bien; 2) la introducción de un nuevo método de producción, esto es, de uno no probado por la experiencia en la rama de la manufactura de que se trate, que no precisa fundarse en un descubrimiento nuevo desde el punto de vista científico y que puede consistir simplemente en una nueva forma de manejar comercialmente una mercancía; 3) la apertura de un nuevo mercado, esto es, un mercado en el cual no haya entrado la rama especial de la manufactura del país de que se trate, a pesar de que existiera anteriormente dicho mercado; 4) la conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o de bienes semimanufacturados, haya o no existido anteriormente, como en los demás casos; 5) la creación de una nueva gran organización en cualquier industria, como la de una posición de monopolio (por ejemplo, por la formación de un *trust*) o bien la anulación de una posición de monopolio existente con anterioridad<sup>5</sup>.

Lo más interesante de esta clasificación<sup>6</sup> es que deja claro que no todas las innovaciones implican algún tipo de cambio técnico. Como puede apreciarse, las tres últimas carecen de contenido tecnológico: son innovaciones no tecnológicas. En este trabajo, nos ocuparemos sólo de las innovaciones tecnológicas. Por eso, cuando más arriba se ha definido el concepto de innovación nos hemos referido explícitamente a las innovaciones tecnológicas.

VI. La transferencia de tecnología en sentido estricto supone la transmisión y asimilación a través de las fronteras de conocimientos y elementos materiales que hacen posible la innovación.

VII. Por último, la difusión es el proceso que se manifiesta en el creciente número de los usuarios efectivos de una innovación, o si se prefiere, en la adopción de ésta por los agentes y a través del conjunto de la economía. De esta definición puede inferirse que el impacto económico que una innovación posee depende fundamentalmente del proceso de difusión. Como es natural, no todas las innovaciones acaban siendo difundidas de una forma exitosa. Es importante incidir en el hecho de que en algunas ocasiones la difusión se realiza por medio de la imitación.

Lo expuesto hasta aquí se podría resumir de una forma gráfica en el Cuadro 1<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> J.A.S. Schumpeter, *Teoría del desarrollo económico*. Reproducido por Vegara (1989d), págs. 149 y s.

<sup>6</sup> Esta tipología no agota otras posibilidades diferentes de clasificación. A ellas nos dedicaremos en un apartado posterior de este capítulo.

<sup>7</sup> En Escorsa y Solé (1988), pág. 27 y en Freeman (1975), pág. 28 pueden hallarse sendos cuadros que amplían el aquí recogido.

Cuadro 1

ACTIVIDADES	Investigación básica	Investigación aplicada	Desarrollo	Difusión
RESULTADOS	Descubrimientos y conocimientos científicos	Invencciones o inventos (y de ahí a las patentes)	Innovación	Impacto económico de la innovación
LOS RESULTADOS CONTRIBUYEN AL AUMENTO Y MEJORA DE	Conocimientos científicos	Acervo de inventos existentes	Conocimiento tecnológico, plantas productivas, equipos y productos existentes	

VIII. El Sistema Científico y Tecnológico de un país (SCT, en lo sucesivo) lo constituyen el conjunto de personas, instituciones, actividades y operaciones interrelacionadas dirigidas a generar, modificar, aumentar y difundir el conocimiento científico y tecnológico y a concebir nuevas aplicaciones de éste. Así, el SCT posee dos misiones en este sentido: generar (y todo lo demás) conocimiento científico y tecnológico propio y asimilar adecuadamente el foráneo, ya que la obtención de la tecnología que utiliza un país puede provenir tanto de la producción propia como de la importación de la misma.

Los agentes que constituyen el SCT son las empresas, los centros de investigación públicos y privados, el sistema universitario, la administración pública en su calidad de agente que diseña y ejecuta la política tecnológica --actuando como productora de ciencia y tecnología; contribuyendo a sufragar los gastos de agentes privados en estas actividades; facilitando información y asesoría tecnológica; fomentando la difusión de la nueva tecnología, etc.-- y personas particulares que actúan a modo de inventores independientes, si bien la importancia de estos últimos resulta cada vez más marginal.

Actualmente, la creciente complejidad de las actividades de investigación ha orientado a que éstas se realicen por equipos, sobre todo --pero no exclusivamente-- en el ámbito de la investigación básica. En cambio, las actividades más próximas a las fases finales del proceso innovador, esto es, las ligadas a ciertos tipos de desarrollo (relacionadas más directamente con el mercado y las ventas), escapan a esta norma, por obvias razones de naturaleza comercial. Además, estas actividades tienden a ser menos costosas, presentan menos incertidumbres y riesgos y sus rendimientos son más fácilmente apropiables por las empresas.

### 3. El marco unificador en la medición de las actividades científicas y tecnológicas: la familia de Manuales de Frascati

Hasta aquí se han definido de una forma sintética algunos de los conceptos más comunes que surgen cuando se estudia el cambio técnico.

Sin embargo, cuando los países deciden evaluar de forma cuantitativa su esfuerzo y/o sus resultados en actividades científicas y tecnológicas deben disponer de un conjunto preciso de definiciones y, lo que es más importante, de un conjunto operativo de criterios que permitan diferenciar y clarificar qué constituye y qué no cualesquiera de los conceptos arriba indicados. De esta forma, precisando y homogeneizando el alcance de conceptos como I+D, innovación de tal tipo o de tal otro, etc., se podrá disponer de datos cuantitativos fiables que permitan establecer comparaciones entre países.

Ese empeño de estandarización ha sido realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y ha cristalizado en una serie de documentos que marcan las líneas claves en la medición de las actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología. Estos trabajos metodológicos constituyen lo que se ha denominado la “familia de los Manuales de Frascati”, y son los siguientes<sup>8</sup>:

a) El Manual de Frascati, que es la guía para la medición y cuantificación de actividades de investigación y desarrollo (I+D). Existe, asimismo, un resumen de este manual que recoge las principales definiciones y convenciones para la medida de las mismas.

b) El Manual TBP, manual que hace lo propio con la balanza de pagos tecnológica (TBP, en inglés), o, como se la llama más comúnmente, la balanza tecnológica.

c) El Manual de Oslo, que pretende recoger las guías para la compilación e interpretación de los datos de innovación tecnológica. Éste ha sido preparado y publicado en cooperación con la Unión Europea (Eurostat).

d) El Manual de Patentes, que ofrece los criterios para la medición de las actividades científicas y tecnológicas utilizando datos de las oficinas de patentes, ya que las estadísticas de patentes pueden utilizarse como indicadores de ciencia y tecnología.

e) El Manual de Canberra, que se dedica a la medida de los recursos humanos dedicados a las actividades de ciencia y tecnología. Éste, como el de Oslo, ha sido preparado y publicado en cooperación con la Unión Europea (Eurostat y la Dirección General XII).

Como señala la propia OCDE (OCDE/Eurostat (1997), pág. 4), *el éxito de estos manuales puede ser atribuido al hecho de que, si bien los datos y los modelos teóricos que contienen no están exentos de limitaciones e imperfecciones, han demostrado, pese a todo, ser altamente útiles para los analistas y para quienes toman decisiones.*

---

<sup>8</sup> Para más datos puede consultarse OCDE/Eurostat (1997), pág. 22 y ss.

De hecho, sin estos manuales, resultaría imposible obtener datos estadísticos que pudieran ser comparables a nivel internacional. Y tales datos resultan un prerrequisito para el diseño, seguimiento y evaluación de políticas destinadas a promover la innovación tecnológica, particularmente en el ámbito europeo, en el que el proceso de integración y unión económica y monetaria ha generado una necesidad creciente de disponer de datos internacionalmente comparables<sup>9</sup>.

#### 4. Las modalidades de acceso a la tecnología

Se trata aquí de ver cuáles son las maneras que permiten que una empresa, o utilizando niveles de análisis más agregados, un sector o un país, puedan disponer de y utilizar una determinada tecnología. La respuesta a esta cuestión no difiere de la que se daría para cualquier otro bien o derecho: o se genera autónomamente (o en colaboración con otros) o se adquiere de terceros, que o bien son del país o bien son de fuera del mismo (importación de tecnología).

Se puede ensayar una clasificación de estas maneras de acceder a la tecnología de la siguiente forma<sup>10</sup>:

##### **a) Generación de I+D;**

Interna; en colaboración con otras empresas o centros de investigación, ya sea de forma autónoma o mediante programas tecnológicos con apoyo oficial, como los de la Unión Europea; externa (subcontratación a centros de investigación o universidades domésticas o extranjeras).

##### **b) Adquisición de tecnología;**

Licencias, tanto de tecnología patentada como de *know-how* no patentado (es decir, el conjunto de conocimientos aplicables a un proceso de producción, conocimientos que suelen ser secretos); asistencia técnica (los contratos de asistencia técnica sirven para ceder conocimientos no registrados o no patentados que comprenden servicios de puesta a punto de instalaciones productivas, mantenimiento y reparación de maquinaria, diseño y montaje y adiestramiento del personal. Son contratos que tienen que ver, como puede apreciarse, con procesos de producción). Ambas formas pueden provenir, como es lógico, de suministradores nacionales o extranjeros.

##### **c) Acuerdos entre empresas (de un mismo país o no);**

Alianzas; creación de una filial en común (las *joint ventures*); adquisición de empresas que posean la tecnología deseada.

##### **d) Otras vías;**

---

<sup>9</sup> Concretamente, para el caso español, puede consultarse en Molero y Buesa (1997), pág. 143, una tabla muy completa que contiene los indicadores estadísticos donde obtener información acerca de la tecnología y la innovación.

<sup>10</sup> Vid. Escorsa y Valls (1992), págs. 40 y 31 y Pampillón (1991), págs. 17 y ss.

Tecnología incorporada (compra de bienes de capital, piezas de maquinaria o de plantas “llave en mano”, acceso a *inputs* intermedios innovadores); información técnica (libros, revistas, ferias de muestras, bancos de datos de información tecnológica o sobre patentes); consultoría tecnológica o contratación de técnicos especializados; inversión directa extranjera (instalación en el país de filiales de empresas extranjeras que hayan desarrollado la tecnología); ingeniería inversa (examen de los productos de los competidores con la finalidad de imitarlos); espionaje industrial (actividad que no deja de ser utilizada pese a su carácter delictivo).

Recapitulando, la tecnología puede ser obtenida a partir de su generación o de su transferencia (cesión de conocimientos adquiridos sobre formas de producción). No obstante, la expresión “transferencia de tecnología” se suele aplicar a la cesión de conocimientos de un país a otro, esto es, a la transferencia internacional de tecnología. De lo expuesto se deduce, asimismo, que la transferencia se puede realizar mediante tecnología incorporada a los bienes de capital; a los recursos humanos (contratos de asistencia técnica, programas internacionales de cooperación técnica, servicios de consultoría); o a lo que propiamente se llama tecnología desincorporada, o sea, la cesión del derecho de utilización de una patente a través de una licencia. Por el uso y disfrute de la licencia, el cesionario paga al cedente un canon o *royalty*, que puede ser un porcentaje sobre ventas o una cantidad fija anual.

Cuando se habla de importación de tecnología surge un concepto que es el de asimilación de dicha tecnología. Este concepto de asimilación de la tecnología extranjera tiene que ver con la capacidad que tiene el SCT de un país de adaptar y transformar la tecnología importada y difundirla a lo largo del sistema productivo nacional. En relación con esto, a veces se distingue entre los conceptos de I+D creativa y de I+D adaptadora o de asimilación.

### *5. Los indicadores de ciencia y tecnología*

Se efectuará en esta sección una simple enumeración de los distintos indicadores de ciencia y tecnología más utilizados<sup>11</sup>, esto es, de las variables que pueden suministrar información acerca de la situación científica y tecnológica de un país, sector, etc. Asimismo, como ya quedó dicho en la sección tercera de este capítulo, estos datos y su correcta interpretación son fundamentales para el diseño, seguimiento y evaluación de las políticas tecnológicas emprendidas por un país y para la comparación de las realidades presentadas por diversos países (regiones, sectores...).

---

<sup>11</sup> Esta clasificación no pretende ser exhaustiva. Además, la información suministrada por estos datos puede procesarse para obtener indicadores mucho más elaborados. Vid. ejemplos de esto último en Segura et al. (1989), capítulo 9, págs 239 y ss.; Rodríguez Romero (1993); Martín y Velázquez (1993), etc.

Estos indicadores pueden desagregarse según un criterio espacial (por regiones, por ejemplo) o sectorial.

Generalmente, estos indicadores suelen dividirse entre indicadores de *inputs* y *outputs* de la actividad tecnológica. Los primeros tienen que ver con el esfuerzo tecnológico; los segundos, con los resultados efectivamente conseguidos. Utilizaré esta clasificación ya convencional<sup>12</sup>.

### **i. Indicadores de *inputs* o de esfuerzo tecnológico.**

Como su nombre indica, son los que tienen relación con el esfuerzo o los recursos destinados fundamentalmente a la generación de tecnología, independientemente de los resultados que se consigan. Pese al grado de incertidumbre vinculado con la actividad tecnológica, es lógico suponer que los resultados están relacionados con el esfuerzo tecnológico.

De estos indicadores, el más importante es el gasto en actividades de I+D. Ese dato a veces se presenta en relación al PIB, para ofrecer una medición relativa de ese esfuerzo. De hecho, la ratio  $\frac{\text{Gastos en I+D}}{\text{PIB}}$  constituye el indicador más utilizado de este tipo y se le suele denominar “indicador de esfuerzo tecnológico”.

Por otra parte, se puede agregar intertemporalmente la serie de gasto en I+D, realizando algún tipo de supuesto sobre su depreciación, y así puede obtenerse lo que se denomina fondo de capital tecnológico.

El indicador de gasto en I+D, a pesar de ser el más utilizado a la hora de medir el esfuerzo tecnológico, no está exento de problemas. Existe poca homogeneidad respecto de lo que se considera I+D en las diversas empresas o sectores. El indicador además refleja escasamente la I+D realizada en pequeñas empresas que al no tener un departamento formalizado de I+D no contabilizan expresamente sus gastos en este tipo de actividades. El indicador, además, mide muy deficientemente la I+D realizada en las empresas de servicios, pero, sobre todo, no aporta ningún conocimiento sobre la eficiencia del proceso innovador ni sobre sus resultados (vid. COTEC (2002), pág. 62).

Asimismo, la medida del personal investigador y sus auxiliares, como personal administrativo, etc. (y la ratio entre estos, como una “proxy” de los medios puestos a disposición de los investigadores), tanto en el sector público como en el privado; la de los becarios de investigación, etc., constituyen otra fuente información a este respecto. Para obtener estos datos de una forma relativa y poder establecer comparaciones entre países de una forma más razonable, se les divide por el conjunto de la población activa o la total.

---

<sup>12</sup> La definición precisa de estos datos y la metodología específica utilizada para obtenerlos, a fin de hacerlos homologables internacionalmente queda consignada en la familia de los Manuales de Frascati.

## **ii. Indicadores de *outputs* o de resultados tecnológicos.**

Hacen referencia a los logros provenientes de la actividad científica y tecnológica.

Los más relevantes son los siguientes:

a) patentes solicitadas o registradas por los nacionales de un país en dicho país en el pertinente registro u oficina de patentes (en el caso de España, en el Registro de la Propiedad Industrial) o en el resto del mundo.

Algunos de los problemas que presenta este indicador son los siguientes: los requisitos para que una invención sea patentada son distintos en países diferentes; la propensión a patentar varía también en los distintos países y en los diferentes sectores industriales; la calidad de las patentes que se estudian es muy diversa; existen pocos datos sobre la utilización de las patentes; sucede a menudo que las patentes se realizan para utilizarlas como arma científica frente a competidores; no se incluyen los desarrollos informáticos, pues no son patentables; no se incluyen los resultados de la investigación en defensa, por razones de seguridad nacional; no se incluyen aquellos resultados de la actividad industrial que las empresas prefieren mantener en secreto, etc. (COTEC (2002), pág. 63);

b) exportación de tecnología incorporada (en bienes de equipo o inputs intermedios);

c) exportación de tecnología desincorporada (contratos de transferencia de tecnología, cobros por asistencia técnica y royalties);

d) comercio internacional de productos de alta tecnología. Este indicador recoge el valor de las importaciones y exportaciones de productos de diferentes contenidos tecnológicos. Para aplicar el indicador se debe definir un criterio que clasifique los productos en función de su contenido tecnológico, normalmente según la relación entre los gastos de I+D y el valor añadido de los productos. Su utilización, sin embargo, presenta problemas, como que la intensidad investigadora y tecnológica no son necesariamente conceptos equivalentes; que la elección de los valores umbrales entre niveles tecnológicos es arbitraria; que la intensidad tecnológica puede variar mucho dentro de un mismo tipo de producto; o que no se tienen en cuenta las tecnologías incorporadas indirectamente a través de maquinaria y materiales (COTEC (2002), pág. 64).

e) bibliometría: esto es, las publicaciones científicas (en forma de libros o artículos en revistas nacionales y extranjeras) realizadas por el personal investigador. Para calibrar la importancia y el alcance de esas publicaciones y su impacto efectivo se utiliza la cuantificación de las citas de esos trabajos por otros investigadores. Asimismo, existen baremos que pretenden clasificar las revistas cualitativamente según el grado de influencia que éstas ejerzan en la comunidad científica nacional y/o internacional.

Los indicadores bibliométricos presentan problemas, ya que se trata de un indicador especialmente adecuado para la investigación básica más que para otro tipo de resultados, y por ello mismo, a la realizada en las empresas, las cuales, por razones de apropiabilidad, tienen incentivos para no revelar los resultados de su investigación. Además, en la medida que las

revistas importantes suelen ser en inglés, se omite una parte importante de investigación que puede resultar de calidad y no tener acceso a ese medio de difusión.

Relacionado con los resultados de la actividad tecnológica, existe una serie de índices que pueden consultarse y que son las diversas medidas de la competitividad exterior de la economía o variables que tienen relación con la misma. Así, indicadores como incrementos en los beneficios, en las ventas, la mejora de la productividad, la exportación de bienes industriales, etc. se utilizan en la forma indicada.

Si bien estos indicadores no tienen una relación tan directa con la medida de los resultados tecnológicos en sentido estricto, sí la tienen con lo que en definitiva se persigue con la promoción de la actividad tecnológica. Como es lógico, una mejora en estos indicadores no se deberá exclusivamente a razones tecnológicas y ni siquiera tendrá que haber resultados tecnológicos para que se obtengan mejoras en estos indicadores, pero lo cierto es que en ocasiones se tiende a utilizar estos datos para evaluar políticas y estados tecnológicos. Muchas veces los estudios econométricos lo que intentan es ver qué relación existe entre datos de esfuerzo o resultados tecnológicos con la evolución de estos indicadores de competitividad.

Además de los antedichos conjuntos de indicadores existen otros que intentan señalar la necesidad que tiene un país de tecnología extranjera. En efecto, cuando un país no genera tecnología propia necesita importarla, máxime si el país desea obtener o mantener posiciones competitivas respecto al exterior o incluso en su propio mercado. Así, ejemplos de estos indicadores son el nivel de importación o pagos por tecnología tanto desincorporada (pagos de royalties y asistencia técnica) como incorporada y las solicitudes o concesiones en el país de patentes extranjeras.

Un indicador que se utiliza con frecuencia es la balanza de pagos tecnológica, que contabiliza el flujo anual entre un país y el resto del mundo de los ingresos por exportaciones y pagos por importaciones en concepto de asistencia técnica y royalties. Esto es, recoge información acerca de la transferencia de tecnología desincorporada. Su saldo y la tasa de cobertura (exportaciones entre importaciones) ofrecerían una información acerca de la dependencia tecnológica o no de un país. Presenta algunos problemas, puesto que existe falta de homogeneidad en la elección de lo que se incluye en la misma en diferentes países y en los métodos de recogida de datos; es difícil incorporar aquellas transferencias de tecnología que tienen lugar sin transacciones financieras, como licencias cruzadas; las multinacionales introducen un efecto de distorsión en las cifras finales de la misma; o no siempre se registra correctamente el área geográfica que recibe la tecnología.

Además, la balanza tecnológica es un dato que a veces se utiliza más de lo que sería conveniente y cuya importancia se sobrevalora. Primero, porque sólo recoge una parte pequeña

de la transferencia internacional de tecnología<sup>13</sup>. Y aún más, porque ignora factores cualitativos. En efecto, lo que importa más no es tanto la cuantía de los flujos sino el qué se hace con la tecnología que esos flujos cuantifican. Parece que lo más relevante no es tanto importar tecnología, sino saber aplicarla a la producción industrial doméstica. Como señalan Barceló y Solé, *los países realmente dependientes o perdedores a nivel internacional no serían los receptores de tecnología, sino los que quedarán al margen de un proceso que forma parte de la naturaleza de la producción industrial y del comercio internacional* (Barceló y Solé (1993), p. 302). Y apostillan, de forma demoledora, *el peligro de creerse la balanza tecnológica... es el de equivocarse en la orientación de la política tecnológica emprendiendo una carrera paralela a la de la sustitución de las importaciones* (ibíd., misma página). Por lo que debe tomarse con cautela su saldo deficitario como medida de la dependencia tecnológica, como se hace con harta frecuencia.

No obstante, el déficit tecnológico es cosa diferente de la dependencia tecnológica, si bien el primero informa sobre la segunda.

Se dice que hay dependencia tecnológica cuando el Sistema Científico y Tecnológico (SCT) es incapaz de generar tecnología autónoma y asimismo incapaz de adaptar, desarrollar y mejorar la importada hasta el punto de hacerla exportable en forma de tecnología incorporada a los bienes de equipo o en forma de know-how, patentes o asistencia técnica. O cuando el SCT presenta una debilidad tal que el país no tiene libertad para optar entre las alternativas de importación o de creación de tecnología autónoma. Es decir, que falta control sobre la oferta de tecnología que demanda el sistema productivo (Pampillón (1991), pág. 95).

Como se ve, esto es asaz más sutil que el mero saldo de la balanza tecnológica. Como indicador de dependencia se utiliza --además del saldo y cobertura de la balanza de pagos

tecnológica-- el cociente  $\frac{\text{Gastos en I+D}}{\text{Importaciones de tecnología}}$ .

Por último, llegados aquí conviene introducir otro tipo de indicador diferente de los citados hasta ahora. Este indicador lo que pretende es evaluar el comportamiento innovador de las empresas durante un período de tiempo a través de una encuesta diseñada al efecto. En la encuesta se recogen variables cualitativas y cuantitativas y diversos tipos de innovación, no necesariamente tecnológica. El INE español realiza una encuesta bienal de este tipo a la que nos referiremos en detalle en un capítulo posterior de este trabajo.

## 6. El modelo lineal del cambio técnico

---

<sup>13</sup> Vid. a este respecto en Pampillón (1991), págs. 75 y 76, algunas limitaciones de la balanza tecnológica a la hora de recoger información relevante sobre la cuestión.

Los conceptos antes definidos, en la secuencia que recoge el Cuadro 1 forman lo que se suele llamar el modelo lineal del cambio técnico. Según dicho modelo, el cambio técnico sigue una secuencia de actividades o de resultados que podría caracterizarse, por actividades, de esta forma:

Investigación básica → Investigación aplicada → Desarrollo → Fabricación industrial → Comercialización y ventas;

o bien, si atendemos a los resultados, por la siguiente:

Invencción → Innovación → Difusión,

con las definiciones antes apuntadas para cada uno de esos elementos. En cada una de las etapas se produce un proceso de selección y sólo una proporción de las nuevas ideas serán finalmente difundidas ampliamente en la economía.

El modelo lineal es un proceso unidireccional que sigue el orden indicado y que consume una determinada cantidad de tiempo entre una fase y la siguiente. Asimismo, esta visión del cambio técnico tiende a separar cada una de las etapas de las demás, considerándolas autónomas.

Este modelo lineal ha recibido un gran número de críticas, proponiéndose aproximaciones alternativas al cambio técnico que entienden el mismo como un proceso mucho más complejo, lleno de realimentaciones. A las críticas y a las alternativas se volverá en un capítulo posterior de este trabajo. Si se ha consignado aquí este avance del tema es porque en un capítulo introductorio se hace difícil omitir una referencia a dicho modelo.

### *7. La tipología del cambio técnico*

Existe una gran variedad de criterios que permiten distinguir entre los diversos tipos --la *tipología*-- del cambio técnico. Enumeraré aquí los más frecuentes:

a) Cambio técnico o innovación --a la que ha dado lugar el cambio técnico-- que se traduce en un producto o en un proceso de producción.

Esta primera clasificación es parte de la expuesta por Schumpeter, y que más arriba ha sido reproducida.

El primer tipo hace alusión a la innovación que tiene como fin la obtención de un nuevo bien no existente con anterioridad o la mejora de uno ya existente. O, si se prefiere, a la que

permite obtener un bien que satisfaga una nueva necesidad, o que satisfaga mejor una ya existente.

El segundo, en cambio, es el que permite obtener un bien que anteriormente ya se producía, incurriendo esta vez en menores costes y/o consiguiendo algún tipo de efecto adicional que se juzgue beneficioso<sup>14</sup>. Muchas veces, una simple mejora organizativa --racionalización del proceso de producción, por ejemplo-- se podría calificar como innovación de proceso, si bien, en este caso, se trataría de una innovación no tecnológica.

Aunque la distinción expuesta no requiere muchos comentarios adicionales, sí, tal vez, uno. Y es que muchas veces es realmente difícil determinar en la práctica si una innovación concreta lo es de producto o de proceso, puesto que muchos productos forman parte del proceso de fabricación como capital fijo. Es decir, una innovación que se materialice en un bien de capital puede ser simultáneamente ambas cosas. Sólo en los bienes claramente de consumo, podría establecerse con nitidez esta distinción. Adicionalmente, para producir un nuevo producto suele ser necesario crear un nuevo proceso que lo haga posible.

#### b) Cambio técnico o innovación radical o incremental.

Una innovación radical lo puede ser tanto por su novedad técnica, que puede dar lugar al desarrollo de sectores industriales completamente nuevos, o bien por la incidencia de su impacto.

La incremental, por contra, sería aquella que genera efectos acumulativos en otras preexistentes, que generalmente fueron radicales.

Cuando nos referimos a innovaciones de productos, una posible definición de estos dos tipos sería que una innovación radical es aquella que no se puede llegar a producir mediante el proceso de producción existente, mientras que las incrementales serían las que utilizan la configuración de medios existentes. Esta es una aproximación bastante pragmática que hace hincapié en la relación entre los productos y los medios de producción, y una innovación se consideraría radical o incremental no tanto por el cambio en sí, sino por la repercusión en el proceso de producción del bien de que se trate.

Tradicionalmente, las innovaciones radicales han sido las que han atraído mayormente la atención de los economistas. El poderoso influjo intelectual de la obra de Schumpeter no ha sido el menor factor que haya contribuido a ello. Sin embargo, existen importantes visiones que cuestionan este tipo de planteamientos. Entre éstas, quizá la más relevante sea la del profesor Rosenberg, para quien las innovaciones incrementales poseen un papel económico no menos relevante que el de las radicales. En capítulos posteriores de esta obra se entrará con mayor detalle en estas cuestiones, que de momento quedan sólo apuntadas.

---

<sup>14</sup> Imagínese por ejemplo un proceso para la obtención de un determinado compuesto químico que reduzca las emisiones contaminantes que producía el anterior.

c) Cambio técnico incorporado o desincorporado.

El primero es aquél que se materializa en un bien físico o tangible, generalmente un bien de capital, una máquina que presenta características superiores a las anteriores (singularmente mayor productividad). En estos casos, cada nueva generación de máquinas suele presentar determinadas mejoras sobre las anteriores, que tienden a ir quedando obsoletas. La repercusión que sobre la economía va a generar este progreso técnico incorporado es función de cómo se vaya produciendo la sustitución del viejo equipo capital por la nueva hornada de máquinas más eficientes --esto es, la difusión de esta nueva tecnología--, de cómo estas mejoras pueden marcar el diseño de futuras generaciones de maquinaria, etc.

El cambio técnico desincorporado puede conceptualizarse como aquél que no se materializa en un activo fijo, sino que se trata de un conocimiento más un conjunto de prácticas y hábitos que permiten extraer el máximo partido económico de ese conocimiento. Estamos, pues, en presencia de un activo intangible o inmaterial.

El cambio técnico desincorporado adopta la forma de patentes, de publicaciones científicas, de contratos de transferencia de tecnología, de "saber hacer" o incluso de formas de conocimiento no codificado y difícilmente transmisibles, etc. Como es lógico, las repercusiones económicas de una u otra de las formas citadas son enormemente diferentes. En general, puede decirse que las patentes son el medio más importante de conseguir que el cambio técnico pueda ser apropiable, y de que el proceso de generación y difusión de la tecnología llegue a ser internalizado por parte de las empresas en un sistema de economía de mercado.

El cambio tecnológico desincorporado no debe ser entendido como sustitutivo del cambio técnico incorporado en bienes de equipo a la hora de efectuar la producción. Más bien se trata de conceptos complementarios y muy relacionados. Por ejemplo, diversas formas de cambio técnico desincorporado pueden llevar a proporcionar principios que se traducirán en nuevas máquinas más avanzadas o más productivas en un futuro --un artículo publicado en una revista, un informe escrito de uso interno producido por el departamento de I+D, o una patente de una nueva máquina, por ejemplo--, o que contribuirán al mejor aprovechamiento del equipo de capital de que se disponga --un servicio de asesoría o consultoría tecnológica, por poner un caso--, etc.

En consecuencia, la distinción habitual entre progreso tecnológico incorporado o desincorporado es más un complemento que una alternativa efectiva en lo que al proceso productivo *stricto sensu* se refiere: una patente no produce por sí misma; una máquina sí, y aquella patente puede servir para proteger esta máquina. En términos generales, el progreso tecnológico que afecta al proceso de producción efectivamente realizado por una empresa está incorporado en bienes de producción cuyo cabal aprovechamiento puede exigir además cambios organizativos de cierta importancia.

A veces se añade, dentro de esta tipología, un tercer tipo de cambio tecnológico, que sería el incorporado en los recursos humanos, esto es, los conocimientos que tienen técnicos y científicos y que están relacionados con los sistemas de producción. Hacemos referencia al capital humano y al proceso de aprendizaje. Estos conocimientos no son patentables y a veces cuesta incluso codificarlos, expresarlos, para poderlos transmitir. Algunos de estos conocimientos, además de ser generados dentro de la empresa, pueden ser adquiridos de terceros por medio de contratos de asistencia técnica, por servicios de consultoría tecnológica, por convenios de colaboración con universidades o centros de investigación, etc.

Se han ofrecido otros conceptos del progreso tecnológico desincorporado, relativamente relacionados con el aquí ofrecido, pero diferentes. Por ejemplo, Hall (en Hall (1994), pág. 38) basa su criterio en cómo las nuevas ideas técnicas afectan a la producción. Así, señala, *el progreso tecnológico se dice que es desincorporado cuando produce el efecto de incrementar la productividad de todas las máquinas, independientemente de la edad de éstas* poniendo como ejemplo las mejoras en la organización del trabajo. Nótese que esta definición sólo es aplicable a innovaciones de procesos y nunca de productos. A continuación, señalará que el incorporado *se produce cuando interviene en el proceso productivo al ser utilizado en el diseño de nuevas máquinas, es decir, máquinas construidas después de que la nueva idea tecnológica ha sido alcanzada*. Según este tipo de planteamiento, un avance técnico que aún no participa en la producción y que sólo está registrado en una patente, por ejemplo, no sería incorporado, pero tampoco desincorporado según la definición que de este último se da.

d) Cambio técnico ahorrador de trabajo o de capital.

El cambio técnico puede estar motivado, entre otras causas, por el deseo de ahorrar en el uso de un determinado factor de producción. Como señala Salter (Salter (1986), pág. 28), *las técnicas productivas cambian a lo largo del tiempo por dos razones: el avance del conocimiento técnico y el cambio de los precios de los factores productivos*. Así, cuando un determinado factor es relativamente costoso, el progreso técnico actuaría como ahorrador del mismo.

En un próximo capítulo dedicado a la teoría microeconómica neoclásica de la producción en su relación con el cambio técnico, me referiré con detalle a cómo se produce lo reseñado anteriormente, junto con algunos problemas teóricos que se plantean al abordar estas cuestiones, así como a la forma y los criterios con que pueden medirse los determinados ahorros relativos factoriales.

Por consiguiente baste señalar por el momento que existiría un progreso técnico ahorrador de trabajo y otro ahorrador de capital, o, si se prefiere, un sesgo hacia el ahorro de un determinado factor de producción.

e) Cambio técnico endógeno o exógeno.

En algunas ocasiones se distingue entre ambos tipos de cambio técnico. El exógeno sería aquél que se da de forma independiente de variables económicas, mientras que en el endógeno sucede lo contrario. Con esta clasificación, más que aludir a diversos tipos de cambio técnico, lo que se hace es indicar formas de afrontarlo y de estudiarlo, incluyendo o no en su análisis la influencia de variables de tipo económico.

Esta clasificación hace hincapié fundamentalmente en el origen del cambio técnico, y según ella el análisis económico exógeno del cambio técnico no se preocupa por su origen y los determinantes o causas de este origen --que pueden o no ser económicos--, sino que los considera como un dato y los pone al margen del análisis, centrándose en sus repercusiones económicas. Quizá el ejemplo más elemental de este tipo de análisis es el modelo neoclásico sencillo que expondré en un próximo capítulo. Un ejemplo de modelo endógeno sería aquel que considera la generación de tecnología como un sector de actividad económica o como una actividad productiva más. En los modelos donde se “endogeniza” el cambio técnico, la aparición de éste obedece a factores económicos que deben ser explicados o recogidos por el propio modelo.

En general, se puede afirmar que la teoría económica neoclásica tradicional se ha caracterizado por considerar al cambio técnico como un proceso exógeno. La forma concreta de realizar la producción, incluyendo los aspectos tecnológicos, de organización del proceso productivo y otros, ha sido ignorada por este análisis, lo cual le ha supuesto no pocas críticas. Para una buena parte del pensamiento neoclásico el proceso productivo resulta ser una caja negra, en la cual se combinan unos *inputs* para dar lugar a unos *outputs*, pero no ha insistido --o por lo menos no hasta hace relativamente poco tiempo-- en desvelar el funcionamiento de esa caja negra.

Como ya ha quedado dicho, este catálogo no es exhaustivo, pero sí recoge las clasificaciones más frecuentes. En Escorsa y Valls (1992), págs. 32 y ss. puede hallarse algunas otras que aquí no desarrollaré: la trasiliencia de Abernathy y Clark; la propuesta por Drucker para el ámbito de la empresa; el concepto de sistema de innovación, que pretende superar la división entre innovación de producto y proceso.

También se recoge la distinción entre el enfoque de tirón de la demanda o empuje de la oferta, que más que una clasificación de las innovaciones hace referencia al posible origen de las mismas, y sobre la que volveré en detalle en un capítulo posterior.

*8. La estructura sectorial del sistema productivo y su relación con el proceso científico-tecnológico*

Dado que el proceso científico-tecnológico presenta características que lo hacen complejo y que los sectores económicos son sumamente diferentes entre ellos, todas las empresas no pueden adoptar una pauta de acción idéntica ante el mismo.

Precisamente por esta razón se han establecido diversas clasificaciones de los sectores de actividad económica en función de sus relaciones con la tecnología.

Una de las clasificaciones más exitosa es la establecida por Pavitt<sup>15</sup> en un trabajo de 1984, quien estudiando una muestra de dos mil innovaciones efectuadas en el Reino Unido entre 1945 y 1979 divide los sectores productivos en tres, aunque de hecho son cuatro, grandes grupos en función de las características de la actividad innovadora experimentada por ellos. Estos grupos son:

#### **i. Sectores dominados por los proveedores.**

Son aquellos que generan pocas innovaciones tecnológicas y las que utilizan provienen de sus proveedores de bienes de equipo y otros *inputs*. Suelen ser sectores tradicionales cuya fuente de ventaja comparativa es la reducción de costes y precios, por lo que presentan una alta intensidad competitiva. Ejemplos: muchas industrias tradicionales, como el textil, la confección, el calzado, el mobiliario o la transformación de la madera, la agricultura.

#### **ii. Sectores basados en la ciencia.**

Presentan intensidad competitiva relativamente baja y la tecnología empleada procede también mayoritariamente del mismo sector. Con empresas generalmente grandes, que dedican un gasto substancial a la I+D como variable de ventaja tecnológica y comercial y que cooperan con universidades y centros de investigación. Las empresas de esos sectores registran altos índices de diversificación, compitiendo mediante una variada gama de productos en diferentes mercados, en los que se sitúan cerca de la frontera tecnológica. El sector químico, electrónico, farmacéutico son ejemplos de este grupo. Sus innovaciones son utilizadas por muchos otros sectores.

#### **iii. Sectores intensivos en producción.**

Aquí Pavitt distingue dos subgrupos diferentes:

##### **iii. a) Sectores suministradores o proveedores especializados.**

Presentan alta intensidad competitiva. La tecnología que se emplea para innovar procede del propio sector. Las empresas compiten en segmentos de mercado que exigen estrategias de

---

<sup>15</sup> Vid. Pavitt (1984), y resúmenes en Escorsa y Valls (1992), págs. 35 y 36; Hall (1994), págs 55 y 56; y Molero y Buesa (1997), pág. 139.

especialización tecnológica. Son aquellos que producen equipo e instrumentos para sus clientes, muchas veces específicos --a medida-- para cada uno de ellos. Suelen trabajar en estrecha relación con éstos y tienden a concentrarse en innovaciones de producto adaptadas a las necesidades propias de sus clientes, para quienes estas innovaciones son de proceso e incorporadas en bienes de capital. El diseño de producto es esencial en las empresas de estos sectores. Ejemplos: maquinaria, instrumentos de precisión, software a medida.

iii. b) Sectores intensivos en economías de escala.

Intensidad competitiva relativamente baja. Tienden a acometer parte de su propio trabajo de innovación, pero en este caso se suele dirigir a solucionar problemas de producción, siendo sus departamentos de ingeniería de producción importantes fuentes de su nueva tecnología. La otra parte de su tecnología se obtiene de sus proveedores de equipo. El cambio técnico se orienta simultáneamente hacia la innovación de producto y de proceso, buscando mejorar las economías de escala que reduzcan los costes unitarios. Lo integran industrias productoras de materiales como el vidrio, el acero, el cemento, bienes de consumo duraderos, vehículos, etc.

Como ejemplo de esta taxonomía aplicada a un país, reproduzo un cuadro que recoge los resultados sintéticos de un estudio realizado en 1995 por *Andersen Consulting* para el sector productivo español. Para detalles concretos sobre su construcción, véase la fuente original --otro trabajo moderno que sigue este esquema para España es Urraca (2000).

Origen de la tecnología	Endógeno	<i>Sectores basados en la ciencia</i>	<i>Sectores de proveedores especializados</i>
		Petroquímica Fertilizantes Electromedicina Productos de limpieza Farmacia Pintura y barnices Plásticos Aceros especiales	Maquinaria obras públicas Material eléctrico Máquina herramienta Componentes de electrónica Ordenadores Servicios de informática Química industrial
Exógeno	Exógeno	<i>Sectores intensivos en escala</i>	<i>Sectores dominados por los proveedores</i>
		Pequeño electrodomestico Aparatos de telefonía Hormigón preparado Vehículos industriales Envases y embalajes metálicos Automóvil Electrodomésticos de línea blanca Electrodomésticos de línea marrón Distribución de productos farmacéuticos Cervezas Agua y gas Cemento	Confección masculina Confección femenina Componentes auto Construcción Mueble de hogar Mueble de oficina Calzado Industria textil Comercio de electrodomésticos Indústrias lácteas Elaborados cárnicos Agua envasada Touroperadoras Artes gráficas Editorial Papel y cartón Juguetes Fundición Cuero Prefabricación de hormigón
		Baja	Alta
Intensidad competitiva			

Fuente: Andersen Consulting, tomado de COTEC (1998), pág. 84.

Junto a la de Pavitt, existen otras clasificaciones sectoriales utilizadas frecuentemente. La más célebre es la establecida por la OCDE, de la que se derivan otras. A su vez, esta clasificación ha ido variando en el tiempo. De ella surgen la de Eurostat y la que utiliza también el INE.

OCDE agrupa los sectores manufactureros de acuerdo con su nivel de intensidad tecnológica --esto es, el porcentaje del volumen de ventas que dedican a actividades de I+D-- en cuatro categorías en la actualidad: sectores de alta, media-alta, media-baja y baja intensidad tecnológica. La clasificación original era más sencilla, conteniendo un grupo menos. La composición sectorial de cada una de estas agrupaciones viene recogida en la tabla que puede consultarse más abajo, tomada de INE (2001), donde se detallan las cuestiones metodológicas respectivas.

#### Lista de sectores según la intensidad de I+D

##### según la OCDE

<i>Periodo 1970-1980</i>	<i>Periodo 1980-1995</i>
<b>Alta tecnología</b>	<b>Alta tecnología</b>
1. Aeroespacial	1. Aeroespacial
2. Máquinas de oficina y ordenadores	2. Máquinas de oficina y ordenadores
3. Industria farmacéutica	3. Electrónica-comunicaciones
4. Electrónica-comunicaciones	4. Industria farmacéutica
5. Instrumentos científicos	
6. Maquinaria eléctrica	
<b>Media tecnología</b>	<b>Media-alta tecnología</b>
7. Industria del automóvil	5. Instrumentos científicos
8. Química	6. Maquinaria eléctrica
9. Maquinaria y equipo mecánico	7. Industria del automóvil
10. Caucho y plástico	8. Química
11. Otras industrias manufactureras	9. Maquinaria y equipo mecánico
<b>Baja tecnología</b>	<b>Media-baja tecnología</b>
12. Otro material de transporte	10. Construcción naval
13. Piedra, arcilla y vidrio	11. Caucho y plástico
14. Refino de petróleo	12. Otro material de transporte
15. Construcción naval	13. Piedra, arcilla y vidrio
16. Metales no férreos	14. Metales no férreos
17. Metales férreos	15. Otras industrias manufactureras
18. Productos metálicos	16. Productos metálicos
19. Papel, edición e impresión	
20. Alimentación, bebidas y tabaco	<b>Baja tecnología</b>
21. Madera, corcho, muebles	17. Refino de petróleo
22. Textil, confección cuero	18. Metales férreos
	19. Papel, edición e impresión
	20. Textil, confección, cuero
	21. Madera, corcho, muebles
	22. Alimentación, bebidas y tabaco

Las ya citadas clasificaciones de Eurostat y del INE se reproducen respectivamente en las dos tablas siguientes, tomadas asimismo de la misma fuente que la anterior:

**Sectores de alta tecnología según Eurostat (a dos dígitos de la NACE)**

*Sectores manufactureros de punta*

NACE Div. 30: Maquinaria de oficina y material informático

NACE Div. 32: Equipos de radio, TV y comunicación

*Sectores manufactureros de tecnología media - alta*

NACE Div. 24: Industria química

NACE Div. 29: Maquinaria y equipos

NACE Div.31: Maquinaria y aparatos eléctricos

NACE Div. 33: Instrumentos médicos, de precisión, de óptica y de relojería

NACE DIV. 34: Industria automóvil

NACE Div. 35: Otro material de transporte

*Servicios de alta tecnología o de punta*

NACE Div. 64: Correos y telecomunicaciones

NACE Div. 72: Actividades informáticas

NACE Div. 73: Investigación y desarrollo.

**Lista de sectores de alta intensidad de I+D**

Clasificación CNAE-93

CNAE	Sectores
<b>Sectores manufactureros de tecnología alta</b>	
244	Industria farmacéutica
30	Maquinaria de oficina y material informático
321	Componentes electrónicos
32-321	Aparatos de radio, TV y comunicaciones
353	Construcción aeronáutica y espacial
<b>Sectores manufactureros de tecnología media-alta</b>	
24-244	Industria química excepto industria farmacéutica
29	Maquinaria y equipos
31	Maquinaria y aparatos eléctricos
33	Instrumentos médicos, de precisión, óptica y relojería
34	Industria automóvil
35-353	Otro material de transporte
<b>Servicios de alta tecnología o de punta</b>	
64	Correos y telecomunicaciones
72	Actividades informáticas
73	Investigación y desarrollo.

*Sección segunda: las escuelas teóricas y el cambio tecnológico*

## Capítulo dos. El cambio técnico en los clásicos y en Marx.

### 1. Introducción

El objetivo del presente capítulo consiste en presentar las principales aportaciones realizadas por los grandes autores de la escuela clásica al analizar las relaciones entre economía y cambio técnico. La inclusión de Marx en este capítulo está justificada puesto que su concepción de la economía es deudora de la tradición clásica a la que, de hecho, no dejó de pertenecer y a la que tanto aportó, si bien desde un punto de vista crítico y con una profundidad y sentido de la anticipación desconocidos en otros autores. Concretamente, en el tema que nos ocupa, Marx fue muy consciente de los vínculos entre tecnología y economía y en su sistema el papel asignado a esas relaciones resulta muy significativo.

Otra precisión que debo dejar clara aquí es que en este capítulo no me detendré en las relaciones entre progreso técnico y mercado de trabajo, que constituyen una aportación muy relevante de autores como Ricardo. A esa importante cuestión dedico un capítulo específico más adelante.

### 2. La aportación de Smith

Smith alude al “progreso” en ciertos apartados del capítulo 11 del primer libro de la *Riqueza de las naciones*. El libro tercero también se ocupa del “progreso”. Sin embargo, con dicho término, Smith alude a un concepto general de desarrollo económico. Y cuando se refiere al “progreso” de un determinado sector se refiere asimismo al desarrollo general del mismo, sin entrar tampoco en mayores precisiones acerca del por qué o el cómo. No debe olvidarse que Smith es un ilustrado y que los grandes hombres del Siglo de las Luces cimentaron una idea del progreso que después va a resultar esencial en el desarrollo del positivismo y del liberalismo decimonónicos. Para comprobarlo basta hojear las obras de autores como Comte o Stuart Mill.

Esa visión genérica del “progreso” es especialmente perceptible en el aludido libro tercero, *De los diferentes progresos de la opulencia en distintas naciones* (Smith (1987), págs. 339 y ss<sup>16</sup>.). En esta parte de la obra, la intención del autor es examinar la evolución histórica de la riqueza en distintas civilizaciones. El libro tercero de la *Riqueza* es de hecho un pequeño ensayo de historia económica.

---

<sup>16</sup> Las indicaciones de página de la obra de Smith, salvo indicación en contrario, corresponden a esta edición en castellano de 1987.

Esa misma visión del “progreso” preside el uso del vocablo en el primer libro, *De las causas del progreso en las facultades productivas del trabajo y del modo como un producto se distribuye naturalmente entre las diferentes clases del pueblo* (Smith (1987), págs. 7 y ss.). Sin embargo, esto no quiere decir que Smith obvie o no contemple el papel de las innovaciones, tecnológicas o no: al contrario, Smith es sensible a las mismas y las introduce en determinados pasajes de su obra, concretamente en el capítulo 11, *De la renta de la tierra* (págs. 140 y ss.), especialmente en uno de sus apartados, *Efectos que producen el progreso y los adelantos en el precio real de las manufacturas* (págs. 233 y ss.). Aquí Smith va a aludir a lo que hoy llamamos innovaciones, poniéndolas en relación con otras variables económicas de importancia. Examinemos pues este apartado, que se inicia con el siguiente párrafo:

Es un efecto natural del progreso hacer disminuir de modo gradual el precio real<sup>17</sup> de casi todas las manufacturas. El precio de la mano de obra disminuye probablemente en todas ellas sin excepción. La presencia de mejores máquinas, una mayor habilidad y una más adecuada distribución y división del trabajo, cosas todas que son consecuencia necesaria de los adelantos del país, contribuyen a que, para ejecutar una pieza cualquiera, sea necesaria una cantidad de trabajo mucho menor; y aunque debido al estado floreciente de la sociedad, el precio real del trabajo aumenta considerablemente, la gran disminución de la cantidad de esfuerzo que cada cosa necesita, compensa con creces el alza que pudiera sobrevenir en su precio, por fuerte que sea (pp. 233 y 234).

El resto del apartado se dedica a matizar algunas de las afirmaciones aquí realizadas en algunas manufacturas concretas y a efectuar un repaso histórico en los precios de ciertos bienes para demostrar lo dicho en el párrafo.

El breve párrafo reproducido posee una gran cantidad de contenidos que merecen ser examinados:

1) En primer lugar se nos dice que el efecto del progreso es la reducción del precio de los bienes manufacturados<sup>18</sup>. Desde luego, al decir aquí “progreso”, Smith está aludiendo al desarrollo económico o al desarrollo de los sectores económicos, sin entrar en más detalles.

2) A continuación se señala que el “precio” de la mano de obra se reduce en la elaboración de manufacturas. Esta afirmación es la explicación de 1), puesto que para Smith, como para toda la escuela clásica, la fuente de valor económico de un bien es el trabajo que contiene. Como el “precio” de la mano de obra disminuye, así también el precio de las manufacturas que esa mano de obra realiza. Pero, ¿por qué se reduce el “precio” de la mano de obra? Porque se reduce la

---

<sup>17</sup> En otras ediciones de la obra, como Smith (1994), se traduce directamente por “precio” la expresión “precio real” aquí utilizada (vid. pág. 333 de esa edición).

<sup>18</sup> Ceñiremos aquí el análisis a los productos manufacturados y a las variables relacionadas con ellos.

cantidad de trabajo necesaria para realizar un determinado producto o, como hoy diríamos, porque se incrementa la productividad del trabajo, como se señala a continuación.

Es importante destacar que Smith --o su traductor aquí-- utiliza la expresión “precio de la mano de obra” con un significado diferente al que utilizaríamos hoy. En efecto, en la actualidad con tal expresión se alude más bien a la tasa salarial, el precio del trabajo por unidad de tiempo (que solemos simbolizar por  $w$ ), mientras que aquí el autor se refiere más bien a lo que hoy designamos con la expresión costes laborales de la empresa (o incluso masa salarial). Smith no está haciendo referencia a que se produzca una caída de los salarios --al contrario, su opinión es que aumentan, como luego se verá--, sino a que los costes laborales de las empresas se reducirán a consecuencia del ahorro en el uso del factor trabajo. Ahora bien, ¿por qué se produce dicho ahorro en el uso de trabajo?

3) Smith introduce tres causas, da tres razones que explican el crecimiento de la productividad del trabajo: la mejor maquinaria, la más adecuada división y distribución del trabajo<sup>19</sup> y la mayor destreza o habilidad. Smith está haciendo alusión a lo que hoy llamaríamos innovaciones de procesos, bien en capital fijo --máquinas mejoradas--, bien en mejoras organizativas --la más eficiente organización del proceso productivo--. Junto a esas innovaciones, Smith reconoce la importancia del aprendizaje<sup>20</sup> o lo que hoy llamaríamos la adquisición de capital humano, en este caso mediante la formación en el trabajo --la destreza--.

Merece la pena destacar algunas cosas llegados a este punto:

En primer lugar, Smith ha introducido el progreso técnico en su discurso, pero como ya se ha señalado, su concepto de la innovación es más amplio, puesto que incluye el aprendizaje y las mejoras organizativas. Smith trabaja con innovaciones tecnológicas y no tecnológicas.

En segundo lugar, Smith deja entrever en su razonamiento algo relacionado con lo que hoy llamamos el “sesgo” en las innovaciones. En efecto, el efecto beneficioso sobre los precios de las manufacturas se debe a que dichas innovaciones permiten incrementar la productividad del trabajo. De aquí se puede inferir que esas innovaciones resultan ahorradoras de trabajo. No obstante, en el texto recogido no se establece explícitamente el hecho de que esas innovaciones se introduzcan con el fin de ahorrar trabajo. En el texto “los adelantos del país” generan esas tres innovaciones y éstas llevan a la reducción de los requerimientos de trabajo por unidad de producto. Nada más, sin que se manifieste un nexo causal entre una y otra cosa. Más aún: Smith introduce una afirmación sorprendente, al menos para los que hoy leemos sus palabras: esas tres “innovaciones” son *consecuencia necesaria de los adelantos del país*. Y nos parece sorprendente

---

<sup>19</sup> Su estudio de la división del trabajo constituye el contenido de los tres primeros capítulos del libro primero de la *Riqueza*. Aquí no se insiste en ella, puesto que la división del trabajo constituye una innovación no necesariamente tecnológica.

<sup>20</sup> Como ya se verá en un capítulo posterior, el aprendizaje se puede asimilar al cambio técnico por sus efectos sobre la productividad del trabajo. Sin embargo, ahora lo relevante es notar la perspicacia de Smith al incidir en todos estos factores.

porque hoy más bien propenderíamos a señalar que esas tres variables --junto con otras, por supuesto-- más que efectos del desarrollo son causas del mismo, o por lo menos que hay un proceso bastante complejo de causación circular, donde las causas son a la vez efectos que tienden a ir realimentando el proceso de una forma progresiva. En todo caso, lo que vale la pena destacar aquí, a modo de recapitulación, es que no hay una interrogación por las causas que motivan las tres innovaciones de las que habla Smith: ¿son buscadas deliberadamente por alguna razón?, ¿se puede hacer algo para acelerar su consecución? En definitiva, estas cuestiones tienen que ver con que las innovaciones se determinen exógenamente, con independencia de motivaciones económicas. Más abajo volveré sobre esta cuestión.

4) Smith discute acerca de los salarios: ¿qué sucede con ellos? En rigor, el traductor de Smith no utiliza la expresión “salarios” sino “precio real del trabajo”, que aquí puede asimilarse a “salarios”, “tasa salarial” o incluso “poder adquisitivo de los salarios”.

A causa del proceso de desarrollo, Smith sostiene que los salarios crecerán. Es decir, el ahorro de los costes laborales ya aludido y que permite que caigan los precios de las manufacturas no se produce por el hecho de que los salarios caigan, sino pese a su aumento.

En resumen, “el precio de la mano de obra” (los costes laborales) disminuye en términos generales como consecuencia del progreso y los tres factores que permiten incrementar la productividad del trabajo, si bien se incrementa “el precio real del trabajo” (poder adquisitivo de los salarios) debido “al estado floreciente de la sociedad”.

En su reflexión Smith ha omitido toda consideración sobre el posible desempleo tecnológico. Smith podría haber supuesto que el ahorro del trabajo motivado por esas tres razones generaría un incremento del desempleo, que generaría a su vez una caída de los salarios<sup>21</sup>. Así, la reducción de los costes laborales se debería al efecto combinado de utilizar menos cantidad de trabajo, por una parte, y un trabajo abaratado, por la otra.

En el párrafo comentado, Smith realiza un análisis de largo plazo, donde se supone una situación de pleno empleo. Así, el trabajo desplazado por esas innovaciones parece que es requerido en otros sectores o en el mismo con vistas a incrementar continuamente la producción. Con todo, estas precisiones no son explicitadas por Smith.

La cuestión sobre el desempleo tecnológico puede vincularse a lo que ya se ha señalado sobre el sesgo de las innovaciones y sobre las motivaciones que pueden tener las empresas para utilizar mejores máquinas, conseguir una más adecuada división del trabajo o fomentar una mayor habilidad de los operarios. Si en el párrafo analizado parece que estas innovaciones aparecen desvinculadas de motivaciones económicas, en un capítulo anterior de la obra, el séptimo del libro

---

<sup>21</sup> En otra parte de la obra, concretamente en el capítulo VII. *De los salarios del trabajo* (pp. 63 y ss.), del libro primero, Smith señaló que una caída en la demanda de trabajo produce una caída de los salarios o, en su palabras, *el precio real y el nominal del trabajo* (pág. 83).

primero, dedicado a los salarios, concretamente en la página 84, última del capítulo, Smith señala de una forma expresa la idea de que las empresas introducen maquinaria y otras innovaciones con el propósito explícito de ahorrar trabajo y por consiguiente costes de producción. Voy a reproducir este párrafo:

El alza de los salarios del trabajo aumenta necesariamente el precio de muchas cosas, al aumentar aquella parte del precio de éstas, representada por los salarios y, debido a esta circunstancia, restringe su consumo en el interior y en el extranjero. Pero la misma causa que hace subir los salarios --el aumento de capital<sup>22</sup>-- tiende a incrementar sus facultades productivas, y hace que una cantidad más pequeña de trabajo produzca mayor cantidad de obra. El dueño del capital, que emplea un gran número de obreros, procura por su propia ventaja hacer una distribución y división de ocupaciones que le procure la mayor cantidad de obra posible. Por la misma razón, procura adquirir la mejor maquinaria que tanto él como los operarios consideran necesaria. Mas este fenómeno que se advierte entre los trabajadores de una manufactura se extiende, por la misma razón, a cuantos forman parte de una gran sociedad. Cuanto mayor es su número, tanto más ampliamente se distribuye, de una manera natural, entre las diferentes clases y categorías de empleos. A medida que sea mayor el número de cerebros ocupados en inventar la maquinaria más útil a cada cual para ejecutar la tarea, más perfecto será el resultado del invento. Hay, pues, muchos artículos que, debido a esos adelantos, se producen con menos trabajo que antes, de tal suerte que la subida del precio de éste se compensa con creces por la disminución en la cantidad de obreros necesarios (ibid., pág.84).

Este párrafo es coherente con el anteriormente citado, pero añade la idea de la causalidad con que: a) se introducen nuevas máquinas y se mejora la organización de los procesos productivos; b) se diseñan y se piensan máquinas mejores. Detrás de esos procesos existen unas claras motivaciones económicas: reducir los costes del trabajo que se han elevado debido al incremento de los salarios. Y de ahí reducir unos precios encarecidos que restringen la demanda de los bienes producidos. Así, aunque se tengan unos mayores salarios, como los requerimientos de trabajo se reducen, los costes laborales pueden reducirse. Una vez más se obvia la posibilidad del paro tecnológico, que contribuiría a reducir de nuevo los salarios y por ende los costes laborales.

Llegados a este punto, cabe admirarse del hecho de que Smith hubiera reparado en fecha tan temprana en las cuestiones que han sido destacadas aquí. En un momento en que la Revolución Industrial echaba a andar, ser capaz de condensar en tan pocas líneas la gran

---

<sup>22</sup> Aquí, con *aumento del capital* Smith está significando que la actividad económica se ha incrementado: los salarios se incrementan en épocas de gran actividad económica donde crece la demanda de trabajo. Es decir, se trata de aumento del capital porque en esas épocas las empresas consiguen más beneficios. Véase la página 83.

cantidad de contenidos que de ellas se desprenden es un mérito que todavía sorprende aun cuando en su análisis puedan advertirse ciertas imprecisiones o puntos oscuros.

Este tipo de cosas --como su estudio de la división del trabajo, en la medida que ella constituye una innovación organizativa--, son las que permiten que una obra como *La riqueza de las naciones* conserve la vigencia que sólo los trabajos verdaderamente clásicos pueden reclamar para sí.

### 3. Ricardo y el cambio técnico

Dos son las aportaciones ricardianas más significativas con relación al cambio técnico, si bien una de ellas ha perdido interés con el paso del tiempo, mientras que la otra continúa suscitando disputas teóricas entre economistas: me refiero, respectivamente, a los efectos del cambio técnico agrícola sobre las rentas de la tierra y a la posibilidad del desempleo tecnológico, esto es, a la posibilidad de que el cambio técnico incorporado en un capital cada vez más productivo origine un excedente de oferta de trabajo que no pueda ser reabsorbido.

Sobre el efecto del cambio técnico en la agricultura<sup>23</sup>, Ricardo sostuvo que a corto plazo el efecto de estos progresos es la disminución de las rentas de la tierra, lo que llevaba a que los terratenientes no tuvieran interés alguno en introducirlos. Ricardo distinguió dos tipos de innovaciones: a) las ahorradoras de tierra que aumentan el producto de una tierra dada, como una rotación más hábil de los cultivos o una mejora de los abonos. Ricardo entiende que el efecto de estas mejoras reduce las rentas por hectárea y la participación de la renta; b) las ahorradoras de capital/mano de obra que reducen las dosis de capital/mano de obra requeridas para producir un volumen dado en una cantidad dada de tierra, como los progresos en las herramientas agrícolas. El efecto de estas innovaciones, para Ricardo, consiste en que hay una disminución en el total de las rentas monetarias pero no necesariamente en el total de las rentas expresadas en términos de trigo.

Sobre la segunda de las cuestiones, la relativa al desempleo tecnológico, puede consultarse el capítulo pertinente de este trabajo, donde se pasa revista a la posición de diversos autores clásicos, Ricardo entre ellos, y como uno de los más significados<sup>24</sup>.

### 4. La aportación de Marx

---

<sup>23</sup> Lo que expondré aquí sigue Blaug (1985), págs. 147 y ss. y 158-159. En ese trabajo puede consultarse una exposición más completa de lo que señalaré aquí, junto con la crítica que Blaug realiza a estos argumentos.

<sup>24</sup> Una buena exposición puede hallarse --aparte de la literatura citada en el capítulo específico-- en Blaug (1985), págs. 179-180 --para Ricardo-- y Schumpeter (1994), págs. 749-757, para la economía clásica en general, incluido Marx.

#### 4.1. El papel de la ciencia

Marx fue consciente de que el capitalismo era un sistema económico que había logrado incrementos enormes en la productividad y en el dominio del hombre sobre la naturaleza. *La burguesía, durante su dominio de escasamente cien años, ha creado fuerzas productivas más masivas y más colosales que todas las generaciones precedentes juntas* (Marx y Engels, *Manifiesto Comunista*, citado por Rosenberg (1979f), págs. 140-141). Y el capitalismo es un sistema tan productivo porque ha creado enormes incentivos para la producción de cambio tecnológico, para la introducción de nuevas tecnologías que reducen costes.

Aquí se discutirá el papel que dentro del sistema marxista ha tenido la ciencia y el progreso científico en el crecimiento del capitalismo<sup>25</sup>. La idea es que el crecimiento de la productividad no puede ser sólo una función del desarrollo de las instituciones capitalistas. Esto sería una condición necesaria, pero no suficiente. La vitalidad tecnológica del capitalismo ha estado unida al estado de los conocimientos científicos y la capacidad de la industria de explotarlos. Ahora bien, la ciencia, para Marx, no es una variable exógena o independiente. Además, el papel central de la ciencia como factor para conseguir el incremento de la productividad surgió mucho después de iniciarse el capitalismo, y hubo que esperar hasta que estuvo bien entrado el siglo XIX. Así, pues, tres fueron los juegos de fuerzas que actuaron históricamente y permitieron el crecimiento de la productividad de la industria moderna: a) el incentivo a la acumulación proporcionado por las instituciones capitalistas; b) la disponibilidad de cuerpos de saber científico y tecnológicos apropiados para la resolución de problemas industriales; c) una tecnología poseedora de ciertas características especiales. En lo que sigue se insistirá sobre estos dos últimos puntos.

El desarrollo de la ciencia para Marx debe entenderse dentro de su sistema de materialismo histórico: la ciencia, como cualquier manifestación de la cultura, se ve desarrollada por las exigencias de los procesos de producción. Así, los procesos de invención o innovación son concebidos como procesos sociales, no individuales. Y la ciencia avanza en función de las necesidades del sistema productivo. Y concretamente por las siguientes razones (vid. Rosenberg, op. cit., pág. 152): a) la ciencia depende de la industria para su apoyo financiero; b) la perspectiva de altas retribuciones financieras es lo que motiva a los individuos y a la sociedad a intentar resolver un determinado problema científico; c) las exigencias de la industria llaman la atención respecto a ciertos problemas que deben ser resueltos; d) la práctica normal de las actividades productivas produce evidencias físicas de gran importancia para ciertas disciplinas, y como resultado, las actividades industriales han proporcionado como subproducto de su desarrollo la afluencia de observaciones en bruto sobre las que las ciencias se han construido y generalizado; e) la historia de las ciencias individuales puede seguirse adecuadamente por medio de la

---

<sup>25</sup> Seguiré en esta sección un trabajo monográfico sobre el tema, Rosenberg (1979f).

comprensión de las cambiantes necesidades económicas de la sociedad --aunque sobre este último punto surgen matizaciones que luego se verán--.

Según lo dicho, Marx parece que defendería una visión del progreso científico dependiente de la demanda, mientras que las fuerzas de oferta desempeñarían un papel muy secundario. Pero Marx también atendió a factores de oferta. Ya se señaló que, para Marx, la ciencia pasa a desempeñar un papel decisivo en la industria bastante después de surgir el capitalismo. Si sólo hubieran existido incentivos de demanda esa dilación carecería de explicación. Si la ciencia no se aplicó antes a la industria, según Marx, fue porque las fases artesanas y manufactureras de la producción carecían de base tecnológica que permitiera la aplicación del conocimiento científico a la solución de problemas de la producción industrial. Esta base tecnológica emergió más tarde y permitiría la moderna industria. Profundicemos más en este argumento.

La manufactura --fase del desarrollo capitalista posterior a la fase artesana, en la que se produce una división del trabajo dentro de la planta, y que fue la dominante desde mediados del siglo XVI hasta el último tercio del XVIII-- suponía un reagrupamiento de los trabajadores y una nueva definición de las responsabilidades de cada uno, puesto que el trabajo de producción se descomponía en fases individuales que realizaba cada obrero, de la forma descrita por Smith en su célebre ejemplo de la fábrica de alfileres.

Pero esta fase manufacturera comparte la tecnología con la usada en el sistema artesanal: se ha producido una modificación de la organización del proceso productivo, y de ahí la fuente de ganancia en productividad del trabajo, pero se sigue dependiendo de las habilidades y capacidades humanas. Y por tanto, el proceso productivo continúa limitado a las capacidades humanas. Aplicar la ciencia al proceso de producción implica enfrentarse a leyes impersonales de la naturaleza y supone un grado de predicción objetivo que supera la incertidumbre del trabajo humano: la ciencia sólo puede incorporar sus descubrimientos a maquinaria impersonal.

En la industria moderna, a diferencia de la manufactura, el proyecto del proceso productivo se realiza sobre una base donde las características del trabajador y su dotación física ya no son esenciales para la organización y disposición del capital. La maquinaria se diseña de acuerdo con sus propias leyes y las leyes de la ciencia. Y pasar de un sistema manual a un sistema dirigido por máquinas es trascendental, puesto que los procesos mecánicos pueden mejorarse continuamente. El desarrollo histórico ha llevado a la tecnología hasta un punto donde se ha convertido en objeto de análisis científico y perfeccionamiento. En *El capital*, Marx señala que *la industria moderna hace de la ciencia una fuerza productiva distinta del trabajo y la presiona al servicio del capital* (citado por Rosenberg, op. cit., pág. 148). Esto lleva también a la exigencia de que las propias máquinas sean construidas por máquinas para poder liberarse de esa restricción impuesta por las limitaciones humanas a la hora de realizar el trabajo de producción. Además, el avance técnico en este sector productor de bienes de equipo permite introducir innovaciones ahorradoras de capital que incrementan la tasa de beneficio (vid. Rosenberg (1993g), págs. 57 y

ss.). Algunas de estas innovaciones son las siguientes (Vegara (1989c), págs. 140 y ss.): el perfeccionamiento en la construcción de maquinaria al sustituir unos materiales por otros --por ejemplo madera por metal--; el cambio técnico originado en los sectores suministradores de bienes de equipo; reducción de costes de operación en la maquinaria ya existente; comercialización de residuos y subproductos ligados a la producción en gran escala; mejoras en los transportes, comunicaciones e infraestructuras que reducían el volumen de capital circulante necesario<sup>26</sup>.

A la vista de todo este conjunto de razones puede advertirse que Marx no se limitó a los factores de demanda, sino que introdujo variables de oferta. La capacidad de aplicar la ciencia al círculo de producción depende de la capacidad cambiante de la industria para utilizar este saber. Y esta capacidad ha sido cambiante en la historia, por lo que la introducción plena de la ciencia en los procesos productivos se realiza relativamente tarde, es decir, en pleno siglo XIX.

Por otra parte, el propio desarrollo de las ciencias individuales no se sigue exclusivamente de condicionantes económicos de la sociedad, aunque éstos desempeñen un papel sustancial. En efecto, Marx cuando discute acerca de por qué la industria se desarrolla antes que la agricultura, afirma que el crecimiento de la productividad en este último sector tuvo que esperar históricamente el desarrollo de ciertas disciplinas científicas --como la química--, mientras que la industria progresó más velozmente porque el conocimiento científico en que descansaba --básicamente, la mecánica--se había logrado antes. Esto demuestra que los factores internos del dominio de la ciencia desempeñan un papel independiente de las necesidades económicas.

#### **4.2. Criterios de adopción del cambio tecnológico**

Una vez expuestas las consideraciones generales del epígrafe anterior, en el presente nos centraremos en exponer cuáles eran las razones que explicaban para Marx la introducción de las innovaciones tecnológicas en los procesos productivos y las repercusiones de dicha introducción.

Básicamente, el mecanismo que empuja a que los capitalistas introduzcan nuevos métodos de producción es la presión que realiza la competencia. La condición de supervivencia de las empresas obliga a que éstas reduzcan costes. Sólo de esta forma se obtienen mayores beneficios que permiten el crecimiento y la supervivencia de las empresas. Así pues, el criterio de reducción de costes y la fuerza de la competencia actúan como un binomio que explica y motiva la introducción de nuevos métodos de producción. La reducción de los costes permite a su vez reducir los precios, con lo cual se puede incrementar la participación en el mercado y continuar creciendo.

---

<sup>26</sup> Véase al respecto también Blaug (1985), págs. 320 y ss.

Una forma de obtener mayores beneficios es incrementando la plusvalía. Marx definirá la plusvalía como la diferencia entre el valor del trabajo y el valor de la fuerza de trabajo o salario. En ese sentido, la introducción del cambio tecnológico es una forma de ampliar la diferencia entre fuerza de trabajo (la capacidad que posee una persona de desarrollar una determinada actividad) y trabajo (el resultado efectivo de utilizar la fuerza de trabajo). Esta diferencia entre “trabajo” y “fuerza de trabajo” resulta esencial en el sistema marxista y explica muchos aspectos del hecho tecnológico para Marx.

Dado que el capitalista compra la fuerza de trabajo en el mercado y obtiene trabajo --que no puede comprar directamente--, surge para aquél el problema de convertir la fuerza de trabajo en trabajo efectivo o, si se prefiere, en extraer la máxima cantidad de trabajo de la fuerza de trabajo. El proceso de “control” es el mecanismo de que se vale el capitalista para conseguir la máxima eficiencia en esa conversión o extracción<sup>27</sup>.

Como ya ha quedado expuesto en el epígrafe precedente, la manufactura capitalista es anterior a la introducción de las formas de producción basadas en la utilización intensiva de la ciencia y la tecnología. Pero, pese a ello, la manufactura presentaba con respecto a formas precedentes de producción sensibles ventajas: aparte la consecución de ciertas economías de escala --derivadas del uso colectivo de ciertos medios de producción, como edificios, etc.--, el nuevo sistema permitía una mayor intensidad en el uso del trabajo, o, lo que es lo mismo, una mayor facilidad para extraer trabajo de la fuerza de trabajo. Marx hace hincapié en esto, porque aunque el trabajo en sí mismo en esta manufactura fuera muy parecido al realizado artesanalmente, la forma de organizar la producción permite que el capitalista controle todo el proceso productivo. Con ello el empresario tiene incentivos para modificarlo, puesto que todas las mejoras redundarán en su propio beneficio.

En consecuencia, pues, la introducción del cambio técnico permite incrementar la plusvalía porque permite incrementar la producción que realiza un determinado trabajador. Marx define, en este contexto, lo que denomina composición orgánica del capital, el cociente entre el capital constante (el capital físico) y el capital variable (la fuerza de trabajo). Por lo que se ha explicado, la lógica capitalista lleva a que el numerador de esta expresión tienda a crecer, con lo cual hay una tendencia en el capitalismo al crecimiento de la composición orgánica del capital. Esta lógica lleva asimismo a la sustitución del trabajo por capital, con lo cual se produce desempleo tecnológico sin que existan mecanismos de compensación automáticos de ese desempleo --sobre estas cuestiones véase el capítulo específico más adelante--. El desempleo a su vez permite que los salarios se reduzcan con lo cual hay un nuevo factor que facilita la consecución de plusvalía. De

---

<sup>27</sup> Para algunos marxistas contemporáneos, la historia del capitalismo se puede entender como la historia de los diversos modos de control que han ido surgiendo en el tiempo. Una tipología ya clásica de estos modos de control es la de Edwards (1983), quien distingue tres: control simple, técnico y burocrático.

hecho, el desempleo es no sólo inevitable dentro del capitalismo, sino que forma parte de su lógica: los trabajadores desempleados constituyen el “ejército industrial de reserva”.

Sin embargo, el crecimiento de la composición orgánica del capital lleva a una caída tendencial en la tasa de ganancia --cociente entre el monto de los salarios pagados por las empresas y la suma del capital constante y variable-- y ésta es la gran contradicción del capitalismo. En efecto, en dicho sistema, la fuente del valor es el trabajo y la fuente del beneficio empresarial la explotación a que somete a sus trabajadores, pero si el sistema tiende a ir eliminando trabajo, entonces también se verá abocado al colapso. Marx encontró ciertas “contratendencias” que permitían que el declive de la tasa de ganancia se ralentizara o aun se invirtiera: ejemplos de la misma serían el comercio exterior --y de ahí, pasar a la consideración del imperialismo como una forma de mantenimiento del sistema capitalista en las metrópolis sólo hay un paso, que dio Lenin--; el abaratamiento de los elementos del capital constante; el incremento de la tasa de plusvalía o explotación --cociente entre el monto de salarios y el capital variable-- que podía deberse, por ejemplo, a causas demográficas, etc. Pero estas contratendencias no podían anular en todo caso la tendencia general. De hecho, una de las mayores críticas que se han hecho a la obra de Marx es recordarle el fallo de sus predicciones en este punto. Pero no insistiré sobre estas cuestiones, que van mucho más lejos de lo que aquí nos proponemos. Una revisión sucinta de esta ley puede hallarse en Blaug (1985), págs. 315 y ss. y en Schumpeter (1994), págs. 720 y 721.

## Capítulo tres. El cambio tecnológico en la teoría neoclásica de la producción.

### 1. Introducción

El objetivo de este capítulo es presentar el marco conceptual básico del cambio tecnológico dentro de la teoría neoclásica de la producción, así como algunas cuestiones adicionales, como lo relativo a los sesgos en el ahorro de los factores de producción originados por el cambio técnico<sup>28</sup>, junto con críticas importantes que se han realizado a dicho modelo neoclásico sencillo.

Antes de empezar, quizá valga la pena recordar que el modelo neoclásico sencillo considera el progreso técnico como algo exógeno, es decir, que no contempla si su generación tiene o no que ver con variables económicas. Se entiende que el cambio técnico proviene de avances en las ciencias, en la ingeniería, etc. pero estos avances se consideran como un dato y no se entra en el porqué de los mismos, sean económicos o extraeconómicos. El planteamiento es el siguiente: si aquí hay un conjunto de técnicas de producción, independientemente de cómo se hayan generado, ¿cómo afectará a los costes y a la producción de una empresa la existencia de esas técnicas y la elección que se realice entre ellas?

Otra característica del progreso técnico en el modelo neoclásico sencillo es que es desincorporado, entendiendo por tal el concepto que da Hall, esto es, que el progreso tecnológico aumenta la productividad de todas las máquinas de todas las edades que hay en la economía o en el sector considerado o en la empresa que constituya el ámbito de nuestro estudio. En rigor, el enfoque del modelo neoclásico considerado es microeconómico, esto es, toma como objeto de análisis la unidad individual de producción, la empresa.

### 2. La función de producción

La producción, en general, puede ser definida como el proceso de generación de valor que incluye la transformación de unos factores o *inputs* (trabajo, capital, materias primas, energía) en productos o *outputs*. El cómo unos se transforman en otros viene determinado por la tecnología utilizada, entendida ésta como el conjunto de ideas que indican cómo llevar a cabo la producción.

---

<sup>28</sup> Para la exposición de la teoría cambio tecnológico dentro del modelo neoclásico sencillo me baso fundamentalmente en Hall (1994), págs. 38 y ss.

El concepto de producción incluye tanto la transformación material (la fabricación de un bien físico), como la espacial (el transporte, por ejemplo), la temporal (el almacenamiento y el comercio) y la informacional (determinadas actividades de servicios).

La teoría económica convencional no se preocupa específicamente por los detalles concretos de cómo se lleva a cabo la producción<sup>29</sup>, cosa que se deja al cuidado de los ingenieros, sino que intenta capturar la esencia de la producción a través de un conjunto de relaciones generales y bastante abstractas entre los factores y los productos y que se concretan en lo que se denomina la función de producción. Ésta no es otra cosa que una relación algebraica entre inputs y outputs<sup>30</sup>. Una función de producción implícita con dos factores podría escribirse del siguiente modo:

$$Q = f(K,L)$$

siendo Q la cantidad total de producto; K, la cantidad de capital utilizada<sup>31</sup>; y L, la de trabajo.

Más rigurosamente, la función de producción muestra qué *inputs* y cuántas unidades de cada uno se requieren para realizar el mejor uso del conocimiento tecnológico existente para producir cantidades específicas de un determinado tipo de *output* por período. Si Q(t) es el flujo de *output* referido al período t, y X<sub>1</sub>(t), X<sub>2</sub>(t), ... X<sub>n</sub>(t) son flujos de los *inputs* 1, 2, ... n en el mismo período, la función de producción puede ser escrita en la forma general:

$$Q(t) = F(X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t))$$

en la cual F contiene la información tecnológica que indica qué cantidad de *inputs* pueden ser transformados en *output*.

Generalmente, se suele hacer el supuesto de que cualquier incremento de un *input*, manteniendo los demás constantes, generará un incremento del *output*, pero llegará un punto en que adiciones marginales de ese mismo *input* generarán cantidades adicionales cada vez menores de *output*. Esto es, la primera derivada parcial de la función de producción con respecto a un *input* dado (productividad marginal de dicho *input*) es siempre positiva, mientras que la segunda derivada acabará siendo negativa a partir de un punto. El *output* generado por una

---

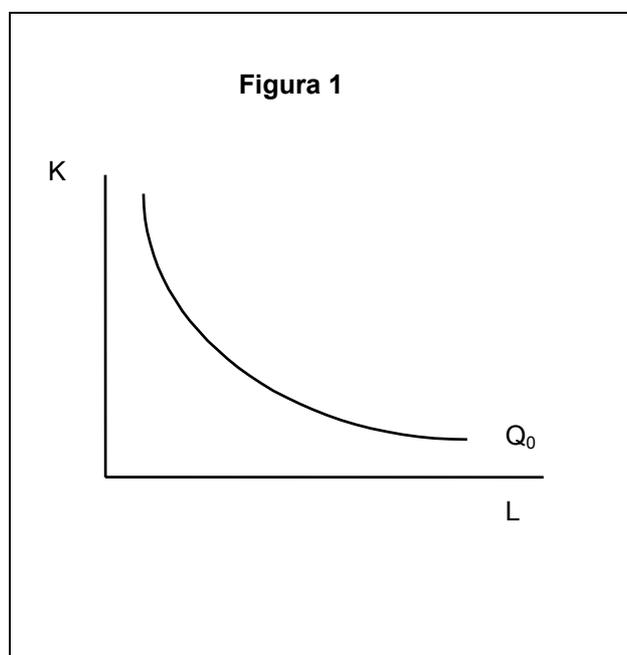
<sup>29</sup> Así, la empresa, que es la unidad de producción, es vista como una *caja negra*, en la que lo relevante es lo que entra y lo que sale de ella más que el proceso de transformación que opera dentro de ella.

<sup>30</sup> El concepto de función de producción posee en sí mismo muchos problemas, que se complican cuando se pretende realizar un análisis del progreso técnico a partir de la modificación --otro concepto complicado a su vez-- de la misma. Algunos de estos problemas se expondrán luego de mostrar el modelo sencillo que ahora se expone.

<sup>31</sup> Otra cuestión bastante complicada es la elección de las unidades de medida, especialmente al referirnos al capital. Véase Salter (1986), págs. 42 y ss.

unidad adicional de *input* se denomina productividad marginal de dicho *input*, y generalmente se supone que las funciones de producción poseen una productividad marginal decreciente de todos sus *inputs* a partir de un determinado momento (suponiendo, repetimos, que la cantidad de los restantes no varía). Esto es lo que se conoce como la *ley de los rendimientos decrecientes* de los factores de producción.

Como ya se ha señalado, lo que suele realizar la teoría económica en la práctica es reducir el número de inputs a dos: capital y trabajo (K y L, respectivamente), lo que permite representar geoméricamente la función de producción en un eje de coordenadas cartesianas. Antes de dibujar la función de producción, que viene definida por un infinito número de líneas, presentaremos cada una de ellas, que se denominan *isocuantas*, tal como queda hecho en la **figura 1**<sup>32</sup>. En el eje de abscisas se coloca el trabajo, mientras que en el de ordenadas se hace lo propio con el capital. La línea curva ahí dibujada se denomina, como ya se ha indicado, isocuanta, y representa todos los pares de cantidades de trabajo y capital requeridos para producir una cantidad específica de *output* que llamaremos  $Q_0$ . Esta curva la suponemos convexa hacia el origen porque si se van retirando progresivamente cantidades de un factor, se necesitará una cantidad crecientemente creciente del factor alternativo para continuar produciendo idéntico nivel de *output*<sup>33</sup> --esto se denomina sustitubilidad imperfecta de factores. También suponemos que no corta con los ejes de coordenadas para garantizar que la producción siempre requerirá el uso de una cantidad mínima de ambos factores de producción.



<sup>32</sup> A partir de aquí y hasta que se entre en el cambio técnico propiamente dicho puede omitirse el factor tiempo, puesto que el análisis es puramente estático.

<sup>33</sup> Por supuesto, podría ser una recta u otro tipo de figura, aunque ello significaría, en el caso de una recta, que los factores son perfectamente sustitutivos, lo cual es un supuesto fuerte.

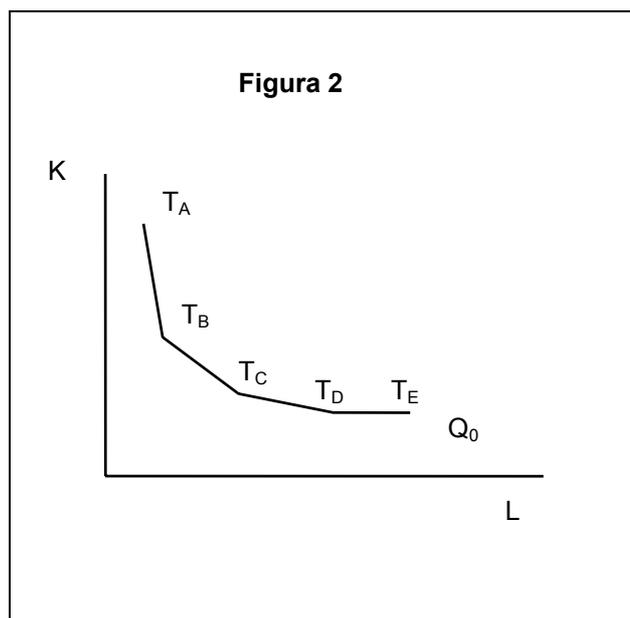
La pendiente de la isocuanta en cualquiera de sus puntos muestra cuánto trabajo extra debe ser utilizado con el fin de no modificar el nivel de producción cuando una unidad de capital se retira. Este concepto se denomina tasa marginal de sustitución técnica (o relación marginal de sustitución) entre capital y trabajo, se mide por la ratio  $dK/dL$  y su valor es negativo en una isocuanta como la definida. Además, la relación marginal de sustitución entre los factores de producción es igual a la relación de sus productividades marginales cambiada de signo<sup>34</sup>. El valor absoluto de la relación marginal de sustitución cae cuando nos desplazamos hacia abajo y hacia la derecha de la isocuanta, puesto que  $dL$  continuamente aumenta para reducciones iguales del capital. Esto es lo que se conoce como el comportamiento decreciente de la relación marginal de sustitución --de su valor absoluto--, y da idea de que los *inputs* no son perfectamente sustituibles uno por el otro en la producción.

Para cada nivel dado de producción, los ratios particulares de capital y trabajo, representados por la pendiente del radio a un punto cualquiera de la isocuanta, pueden ser descritos como técnicas de producción. Cuando las isocuantas son continuas y derivables --no esquinadas--, la implicación es que existe un rango infinitamente amplio de tales técnicas. Si sólo hay un número limitado de técnicas, como en la **figura 2**, la isocuanta no será derivable en toda su longitud --es decir, presentará esquinas en algunos puntos--. Los puntos individuales representarán las combinaciones de capital y trabajo requeridas para producir la cantidad dada de *output* bajo cada una de las pocas técnicas disponibles, pudiendo ser cualquiera de ellas la utilizada. Líneas rectas unirán esos puntos si las técnicas pueden ser usadas variando combinaciones de factores para producir la misma cantidad de *output*. La isocuanta es entonces una línea quebrada. En el límite, pudiera darse el caso de que sólo hubiera una técnica disponible. La isocuanta entonces se reduciría a un único punto, representando una tecnología de coeficientes fijos, donde el coeficiente es el ratio único capital/trabajo.

Puesto que la utilización de más cantidad de ambos factores generará mayor cantidad de *output*, cualquier punto situado encima y a la derecha de otro debe pertenecer a alguna isocuanta asociada con un mayor nivel de producción. La función de producción para un determinado bien queda pues representada por el conjunto de todas las isocuantas, esto es, el mapa de isocuantas, en relación a ese bien, cuyo número es infinito, pues se obtendrían niveles de producción crecientes a medida que incrementásemos la cantidad de factores. Como no podemos representar infinitas isocuantas, dibujaremos tan sólo unas cuantas. Esto se muestra en la **figura 3**. La tecnología define la forma y la posición de las isocuantas de cada mapa.

---

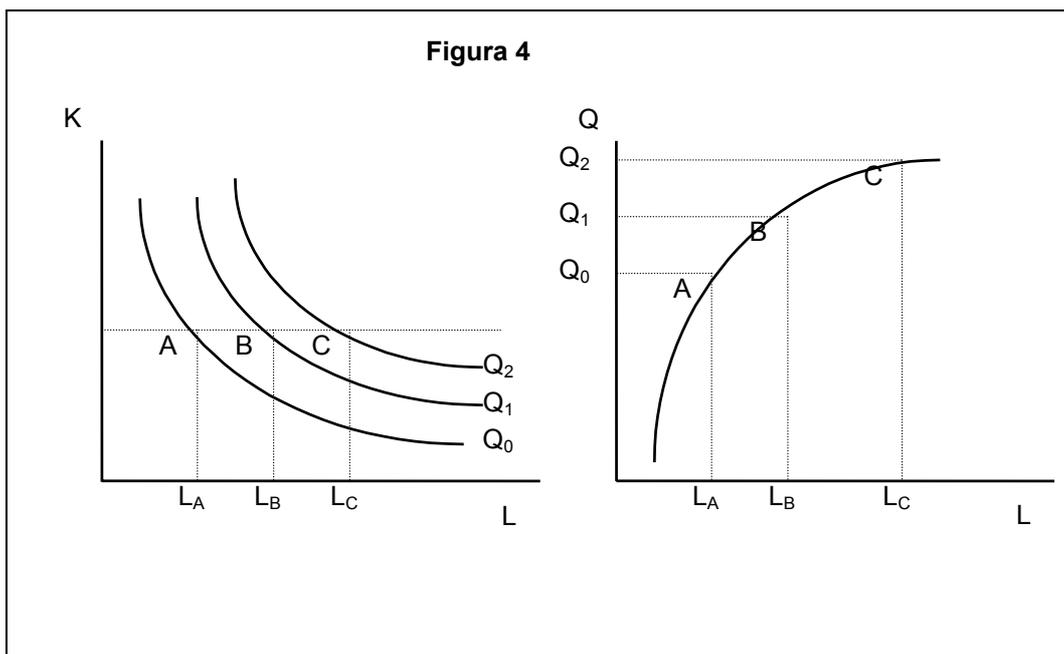
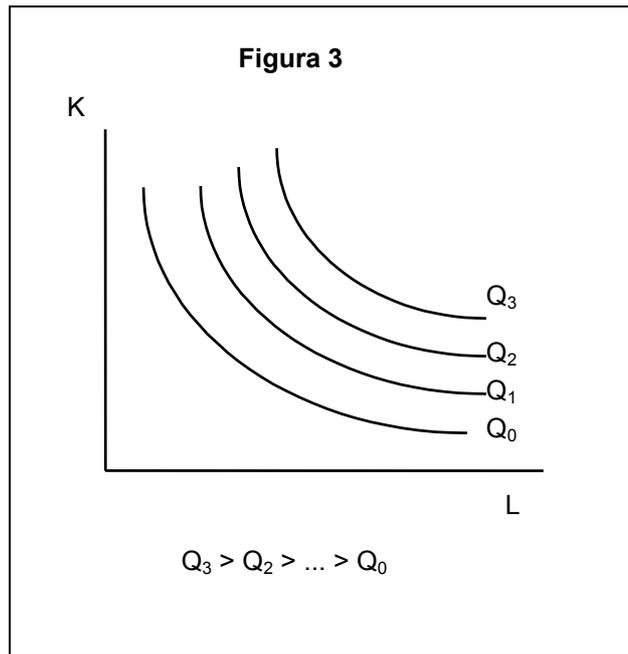
<sup>34</sup> Para demostrar esto, se parte de  $Q = f(K,L)$ . A partir de aquí  $dQ = \partial Q/\partial K dK + \partial Q/\partial L dL$ , o, lo que es lo mismo,  $dQ = PMgK dK + PMgL dL$ . Como en una isocuanta  $dQ = 0$ , se tiene que  $PMgK dK = - PMgL dL$ , con lo que de aquí se deduce que  $RMS = dK / dL = - PMgL / PMgK$ , esto es, el cociente de las productividades marginales cambiado de signo.



A partir del mapa de isocuantas puede derivarse la curva de producción total. Para obtenerla se supone que un *input*, generalmente el capital, no puede ser variado inmediatamente en respuesta a condiciones cambiantes<sup>35</sup>. ¿Qué le sucederá a la producción si el otro *input* varía? Para responder a este interrogante se parte del mapa de isocuantas (como en la **figura 3**) y se traza una línea horizontal, esto es, considerando constante la cantidad de capital. Esto nos permitirá ir obteniendo pares de valores de dos variables: la cantidad utilizada de trabajo, en el eje de las x; y la cantidad obtenida de producto, que viene determinada por cada isocanta atravesada por la anteriormente citada línea. Estos pares de valores van a ir construyendo la curva de producto total. En la **figura 4** se representa gráficamente lo aquí descrito.

---

<sup>35</sup> Esto es lo que define al corto plazo en la teoría microeconómica de la producción.



Es importante mencionar que la curva de producto total posee pendiente positiva, pero decreciente. De hecho, esta curva aquí obtenida no es más que una forma de representar alternativa y gráficamente la ley de los rendimientos decrecientes de cada factor de producción (aquí el trabajo, pero podría haberse hecho igual para el capital) o el hecho de que la productividad marginal de cada factor es decreciente.

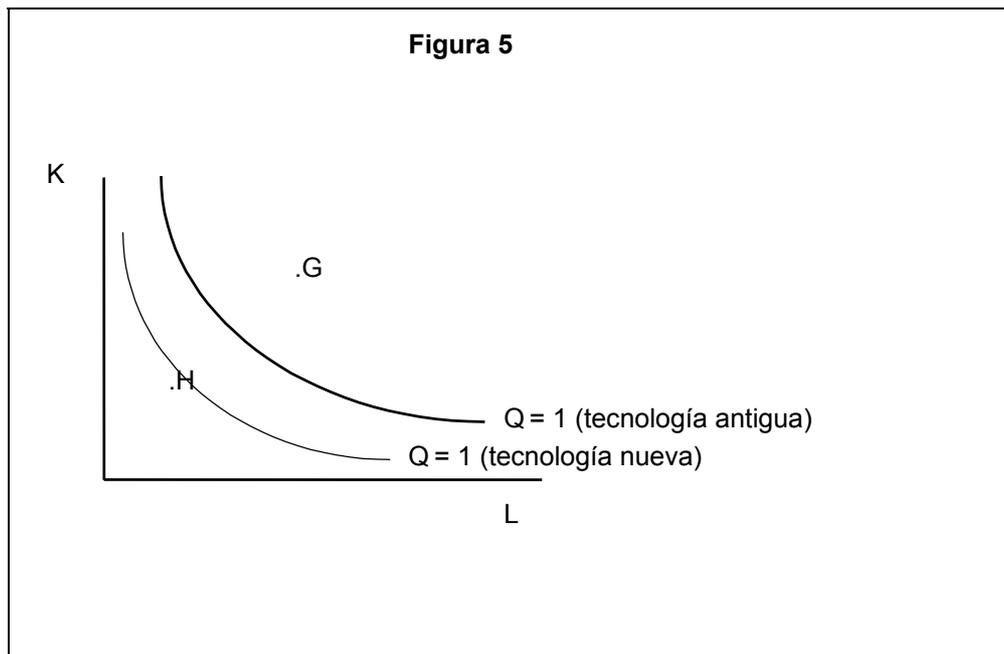
Otro rasgo hasta ahora no tratado de la función de producción es el de los rendimientos a escala. Una función de producción presenta rendimientos crecientes (decrecientes) a escala si al

aumentar la cantidad utilizada de *inputs* en una determinada proporción --la misma para todos los *inputs*--, el *output* se incrementa en una proporción mayor (menor) que la de los factores. Si el *output* se incrementara justamente en la misma proporción que los *inputs*, se dice que dicha función presenta rendimientos constantes a escala.

### 3. El cambio tecnológico para la teoría neoclásica de la producción

Para referirnos a esto partiremos de la isocuanta unitaria, esto es, la isocuanta asociada a un nivel de producción uno, a una unidad de producto. Todas las isocuantas que determina una función de producción, y la función misma, deben estar relacionadas sólo con tecnologías que realicen un uso mínimo de *inputs*, esto es, que sean eficientes en términos técnicos. Esto forma parte de la definición de la función de producción. Cualquier método que generase una sola unidad de producto, pero que requiriese mayor cantidad de factores sería ineficiente en sentido técnico y gráficamente se simbolizaría por puntos situados por encima y a la derecha de nuestra isocuanta unitaria. No hay que confundir, empero, estos puntos con los pertenecientes a isocuantas que representan  $Q > 1$  y que sí serían eficientes en términos técnicos, esto es, que utilizan la menor cantidad posible de *inputs* que la tecnología permite para producir la cantidad considerada de *output*.

Un cambio tecnológico es una adición al conjunto de maneras en las cuales la producción puede ser efectuada, y puede ser representado como un punto en alguna parte del cuadrante donde se ubica nuestra isocuanta unitaria. Si el nuevo punto se ubica encima y a la derecha de la isocuanta unitaria, véase el punto G de la **figura 5**, la nueva forma de realizar la producción de una unidad de *output* utiliza mayor cantidad de factores que los otros métodos conocidos. Mas si los nuevos métodos estuvieran representados por un punto como el H, la unidad de *output* podría ser elaborada con menores unidades de factor que antes. Aquí sí se ha producido un *avance* tecnológico. Para ser consistente con la definición de función de producción, la isocuanta debe ahora ser dibujada de nuevo para que pase por dicho punto H. El avance técnico se representa en consecuencia por un desplazamiento hacia el origen de la isocuanta. Debe notarse que este fenómeno se desarrolla en el tiempo y consume tiempo, con lo que se abandona el análisis puramente estático para introducirnos en el dinámico.



Algunas precisiones deben ser hechas. En primer lugar, el avance tecnológico ha producido una modificación en la función de producción --y por tanto en el mapa de isocuantas asociado a ella--, que permite ahora producir una determinada cantidad de *output* --una unidad en este caso-- con menor requerimiento de *inputs*. En segundo lugar, el avance tecnológico puede permitir que toda o sólo una parte de una isocuerta se desplace. Si sólo un rango estrecho de técnicas se ve afectado, sólo se trasladará una parte de la isocuerta. Si muchas o todas quedan afectadas, la curva en su conjunto debe desplazarse. En el modelo que nosotros utilizamos aquí suponemos que el cambio técnico es desincorporado en el sentido de Hall o deslocalizado, por lo que cuando se produce el avance técnico toda la isocuerta se desplaza hacia la izquierda o hacia abajo. En tercer lugar, aunque lo dicho hasta aquí se ha referido a una isocuerta unitaria, el cambio tecnológico usualmente afectará a los requerimientos factoriales en muchos o en todos los niveles de producción. Entonces, el mapa de isocuantas asociado a la nueva función de producción se trasladará hacia el origen.

Si se considera ahora la curva de producto total, el avance técnico se representa como un desplazamiento hacia arriba y hacia la izquierda de tal curva. De nuevo, el progreso tecnológico puede no afectar a toda la curva sino tan sólo a un segmento de la misma.

#### *4. El problema económico de la empresa en la teoría económica neoclásica de la producción*

Una vez presentado el concepto de la función de producción y los efectos del cambio técnico sobre ella, hemos de señalar cuál es el problema económico de la empresa.

En el modelo neoclásico sencillo que utilizamos, la empresa actúa como maximizadora de los beneficios (B). Éstos son la diferencia entre ingresos (I) y costes (C).

En dicho modelo se está además en competencia perfecta, por lo que tanto el precio de los bienes producidos como el de los factores utilizados viene determinado por el mercado y ningún agente individualmente puede modificar ninguno de ellos. La empresa es, pues, precio aceptante tanto en los *inputs* como en el *output*. Para maximizar su beneficio, la empresa sólo puede decidir sobre la cantidad de producto a elaborar y sobre la cantidad de factores a utilizar.

La función de producción relaciona las cantidades de factores con la de producto, pero nada indica sobre los costes de la empresa. Éstos tendrán que ver con las cantidades usadas de factores y los precios que éstos tengan en el mercado. Recapitulando todo lo expuesto, tenemos lo siguiente:

La empresa maximiza la siguiente diferencia:

$$B = I - C$$

Los ingresos (I) son por definición:

$$I = p Q$$

con  $p$  = precio de venta de cada unidad de producto y  $Q$  = la cantidad producida.

Por la función de producción --trabajando con dos factores-- conocemos que  $Q = f(K,L)$ .

Los costes totales (C) son, a su vez:

$$C = r K + w L$$

con  $K$  y  $L$ , las cantidades utilizadas de capital y trabajo, respectivamente, y siendo  $r$  y  $w$  el coste de cada unidad de factor o, dicho de otro modo, la tasa de interés y la tasa de salario. La expresión anterior se denomina función de costes.

En consecuencia, el problema económico de la empresa se limita a maximizar la expresión

$$B = I - C = p Q - (r K + w L) = p f(K,L) - r K - w L$$

lo cual se hace según el método matemático habitual. Después de realizar las operaciones oportunas obtendremos una  $K^*$  (cantidad óptima de capital), una  $L^*$  (ídem de trabajo) y una  $Q^*$  (ídem de producto), con las que la empresa maximiza sus beneficios.

Lo que aquí se ha expuesto de una forma analítica puede realizarse también gráficamente. Pero para hacerlo hay que utilizar un concepto no presentado hasta ahora: la recta isocoste, que es la forma de representar gráficamente los costes.

La línea isocoste es un instrumento que muestra todas las posibles combinaciones de trabajo y capital que pueden ser adquiridas incurriendo en el mismo coste total, C. Cada punto de una misma isocoste refleja el mismo coste total. La isocoste, suponiendo sólo los dos factores considerados en la discusión, se expresa de la siguiente forma:

$$C = rK + wL$$

Dicha expresión de la recta puede reescribirse, para mayor comodidad y para ser consistente con los ejes del gráfico utilizado, como:

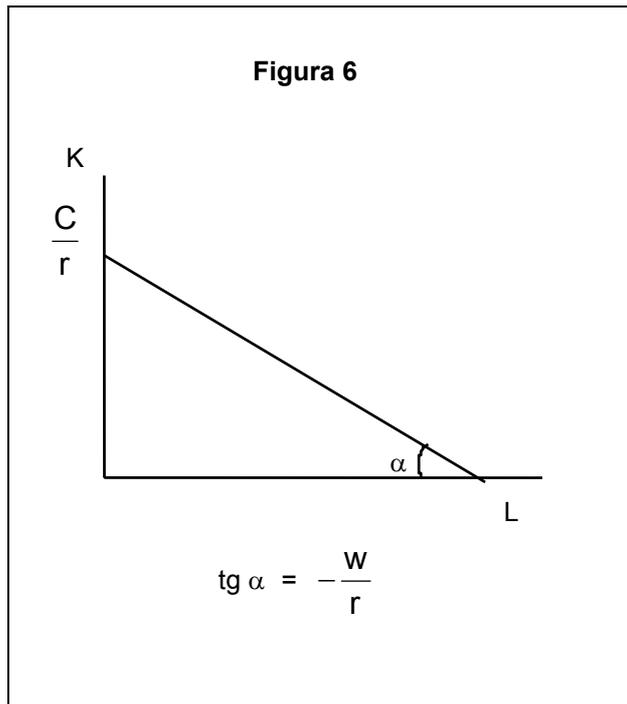
$$K = C/r - w/r L$$

con los significados de las letras ya indicados.

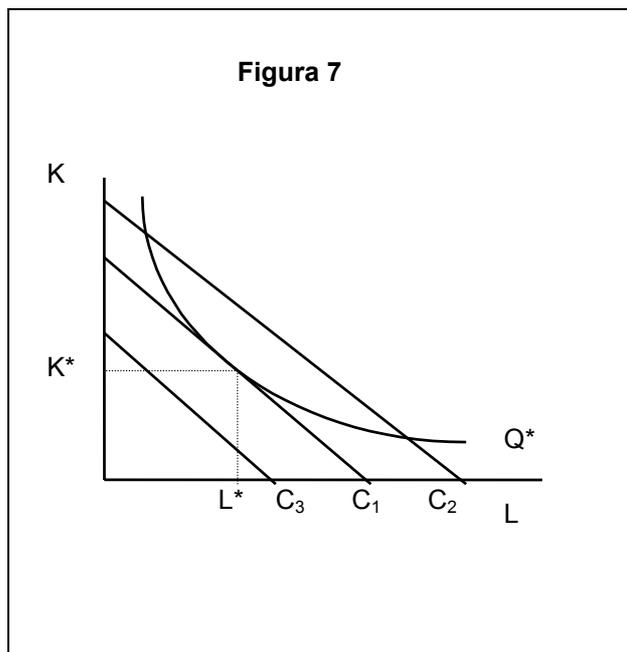
Como en una isocoste concreta C es un dato conocido y como r y w también lo son, cualquier isocoste puede ser expresada gráficamente de la forma que se hace en la **figura 6**. La isocoste definida arriba de la segunda manera es la expresión de una recta de ordenada en el origen C/r y pendiente - w/r, esto es, el precio relativo de los factores. Si el precio relativo de los factores es constante, se pueden trazar isocostes paralelas a la primera. Cuanto más alejadas del origen estén cada una de ellas, mayor será el coste total asociado a cada una de las rectas isocoste.

Si ahora traducimos la anterior discusión que realizamos a propósito de la maximización del beneficio a este esquema gráfico basado en isocuantas e isocostes, el equilibrio --la solución maximizadora-- se producirá en el punto de tangencia entre la isocuanta que representa la cantidad óptima, Q\*, y la isocoste de pendiente --en valor absoluto-- w/r más cercana al origen de coordenadas. Esa isocoste tendrá por ordenada en el origen C/r, donde C queda determinado por K\* y L\*. Como en equilibrio la isocuanta y la isocoste se hacen tangentes tendremos que la pendiente de la isocuanta (= relación marginal de sustitución) se iguala a la de la isocoste, y, en consecuencia:

$$RMS = - PmgL / PmgK = - w / r$$



Esto se refleja en la **figura 7**.



En dicha figura, la isocoste más próxima al origen que permite producir  $Q^*$  es la  $C_1$ . Cualquier coste total inferior no permite adquirir los *inputs* necesarios para producir  $Q^*$ . Cualquier coste mayor que  $C_1$  implicaría adquirir más *inputs* de los necesarios, con lo que el coste no se minimizaría y el beneficio no se maximizaría. En el equilibrio la cantidad de *inputs* adquirida es  $K^*$  y  $L^*$  y la técnica utilizada --definida por el punto correspondiente de la isocuanta-- viene definida por la ratio  $K^*/L^*$ .

Una vez visto esto, introduzcamos el cambio técnico en el problema maximizador de la empresa. Si el avance permite producir la misma cantidad de *output* con una menor cantidad de factores, entonces los costes totales que afronta la empresa, *ceteris paribus*, se reducirán. Siguiendo el esquema del epígrafe anterior, el progreso tecnológico, al atraer la isocuanta hacia el origen, permitirá obtener la misma cantidad de producto alcanzando una recta isocoste más cercana al origen.

Aquí se estaría suponiendo que el progreso no ejerce ninguna influencia ni sobre el precio del producto ni sobre los costes de los factores, si bien parece que si la tecnología se difunde entre todas las empresas habrá impactos sobre éstos --en competencia perfecta, las tecnologías de producción de las empresas deben ser homogéneas--, con lo que cada empresa calculará su nuevo equilibrio de producción, su nueva  $Q^*$ , con las nuevas cantidades de factores asociadas,  $K^*$  y  $L^*$ . Por ejemplo, si se produce algún sesgo en contra del uso de algún factor --tecnologías que ahorren relativamente más de un factor que de otro-- es claro que ese factor se abaratará en términos relativos al cabo de un cierto plazo de tiempo.

No obstante, pese a las complicaciones que puedan introducirse en el modelo, lo importante es señalar que sólo en la medida en que cada empresa consiga reducciones de costes tendrá sentido para ésta adoptar la nueva tecnología. En los próximos epígrafes se introducirán algunas de estas cuestiones<sup>36</sup>.

##### 5. Los factores de aumento y una posible clasificación del progreso tecnológico

Como se indicó antes, el progreso tecnológico puede representarse como un desplazamiento hacia arriba de la curva de producto total, o hacia el origen en las isocuantas --mantenemos el supuesto de exogeneidad y desincorporación en el sentido de Hall--. De forma algebraica, la forma más sencilla de indicar este tipo de progreso tecnológico es incorporar el factor de desplazamiento dentro de la función de producción. Esto se puede hacer de la siguiente forma:

$$Q(t) = F(X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t), t)$$

con  $dF/dt > 0$ . Nótese que ahora el tiempo pasa a ser una variable más de la función de producción y que la producción crece en el tiempo. De hecho, incluso si todos los *inputs* permanecen constantes, la producción aún se incrementaría como resultado del creciente fondo de conocimiento tecnológico en el tiempo. Esta forma de describir la función de producción y el

---

<sup>36</sup> El modelo neoclásico sencillo aquí descrito podría reformularse y ampliarse para incorporar mayor riqueza analítica. En Salter (1986), págs. 47 a 77, se ofrece una descripción del progreso tecnológico, siempre dentro del análisis neoclásico, que presenta mayor complejidad que el aquí expuesto.

efecto del progreso tecnológico requiere que éste sea desincorporado en el sentido con que se utiliza aquí la expresión.

Incluso bajo esta visión del progreso tecnológico como desincorporado y exógeno se puede argumentar, sin embargo, que ciertos cambios en el conocimiento incrementarán la eficiencia de algunos *inputs* más que de otros. Esto ha conducido a considerar el progreso tecnológico en términos de aumentos de factor (*factor augmentation*).

El progreso tecnológico implica entonces que un mayor flujo de *output*  $Q(t)$  puede ser generado por las mismas cantidades de *input*  $K(t)$  y  $L(t)$ , por seguir con los dos factores básicos. Es como si los factores de producción se hubieran incrementado o aumentado. Por tanto, con el fin de incorporar las implicaciones del progreso tecnológico, se aplican frecuentemente unos términos multiplicativos a  $K(t)$  y a  $L(t)$ , y los valores tomados por esos multiplicadores se utilizan para indicar el impacto que el cambio tecnológico tendría en la producción si las nuevas técnicas se pusieran en uso. Una forma de escribir la función de producción que recoge esta idea es:

$$Q(t) = F(A(t)K(t), B(t)L(t))$$

Los términos  $A(t)K(t)$  y  $B(t)L(t)$  son los flujos de los servicios efectivos del capital y del trabajo, respectivamente. Incluso si  $K(t)$  y  $L(t)$  permaneciesen constantes, su contribución efectiva a la producción se incrementaría si  $A(t)$  y  $B(t)$  --los factores de aumento, coeficientes de aumento o, simplemente, los multiplicadores-- se incrementasen. El aumento, pues, del producto  $AK$  (o  $BL$ ) no requiere que haya habido ningún cambio en el *input* sobre el que actúa, esto es,  $K$  (o  $L$ ).

Según el comportamiento que adopten los multiplicadores de la función de producción se puede clasificar de una u otra forma el progreso tecnológico. Recojamos en un cuadro los casos más particulares.

**Cuadro 1**

<i>Valor de los multiplicadores</i>	<i>Tipo de progreso</i>
$A(t)$ que aumenta; $B(t)=1$	Aumentador puro de capital
$A(t)=1$ ; $B(t)$ que aumenta	Aumentador puro de trabajo
$A(t)$ y $B(t)$ que aumentan en la misma proporción por período	Aumentador igual de trabajo y capital

Esta clasificación recoge lo que podrían ser considerados casos especiales, pues nada se dice acerca de un gran número de casos posibles en los cuales ambos multiplicadores pudieran crecer, pero a una tasa diferente. Otro límite de esta clasificación es que frecuentemente lleva a

suponer que si  $A(t)$  y/o  $B(t)$  están creciendo, lo hacen a una tasa proporcional constante. Y no hay razón para esperar que éste sea el caso.

#### 6. Los sesgos en el ahorro de un factor y los conceptos de progreso técnico neutral

Un aspecto importante del progreso tecnológico es que frecuentemente está sesgado. En particular, se dice que puede ser *ahorrador de trabajo* o *ahorrador de capital*. En esta sección va a definirse el sentido de tales expresiones, teniendo presente que no siempre significan lo mismo, pues existen varios sistemas de clasificación de los sesgos. También habrá que relacionarlos con el concepto de factor de aumento, enunciado en el epígrafe anterior.

El concepto intuitivo de sesgo es que un avance ahorrador de trabajo desplaza las isocuantas hacia el eje del trabajo más que hacia el del capital. Aunque el progreso permita ahorros en ambos factores, se ahorrará proporcionalmente más trabajo que capital para todas las técnicas<sup>37</sup>. En cambio, si el avance es ahorrador de capital, se ahorrará relativamente más capital que trabajo.

El problema con esta visión intuitiva es que resulta imposible hacerla analíticamente operativa, a menos que se la enriquezca. La función de producción comprende el mapa completo de isocuantas y cuando la función de producción total se desplaza, no queda claro el hecho de qué puntos de cada conjunto de las isocuantas relacionadas con las tecnologías antiguas y nuevas deberían ser comparados con los otros con el propósito de identificar el sesgo. No hay una única forma de llevar a cabo esta tarea de identificación, habiéndose propuesto diferentes criterios. Aquí se aludirá a las clasificaciones ofrecidas por Hicks, Harrod y Solow. En las definiciones propuestas por Hicks, el sesgo se mide a lo largo de una ratio capital/trabajo dada; en las de Harrod, mediante una ratio capital/producción dada; y en las de Solow, mediante una ratio trabajo/producción dada<sup>38</sup>.

Pese a todo las tres clasificaciones tienen algo en común, que consiste en la idea de que el progreso tecnológico puede ser entendido como ahorrador de factor en términos de un *input* dado si el avance conduce a una caída en la cuota de la remuneración de ese input en relación a los

---

<sup>37</sup> Recordemos, una vez más, que estamos trabajando con el concepto de progreso técnico desincorporado ya invocado en numerosas ocasiones en este capítulo.

<sup>38</sup> No son las únicas existentes, pero sí las más famosas. La exposición la realizo siguiendo a Hall (1994). En Blaug (1985), págs. 584 y ss. se puede leer una explicación complementaria centrada en Hicks, Robinson y Harrod, aunque bastante más difícil de seguir. Por su parte, en Salter (1986), en el capítulo tercero, el autor propone un modelo distinto y propio. El objetivo de Salter en esa obra no es crear su propio criterio de clasificación, sino más bien elaborar un modelo de difusión del cambio técnico incorporado, pero inevitablemente acaba ofreciendo explicaciones acerca del ahorro relativo de los factores originado por el cambio técnico (págs. 63 y ss.) y relacionando sus propuestas con los criterios de Harrod (pág. 63 y 72 y 73, por ejemplo) y Hicks (pág. 62, por ejemplo).

otros<sup>39</sup>. Como estamos trabajando con agregados tiene sentido hablar de cuotas de remuneración de un factor. Nótese, sin embargo, que si el *output* crece, la retribución total percibida por el factor puede crecer, incluso si su cuota baja.

Si la retribución total percibida por todos los *inputs* es constante, o crece o cae a la misma tasa porcentual, y las respectivas cuotas de remuneración permanecen constantes, el progreso tecnológico se considerará neutral. Los cambios en las cuotas relativas de los factores se utilizan por consiguiente para mostrar un progreso no neutral, progreso caracterizado entonces por un sesgo en la cuota de los factores.

Recuérdese que para el modelo neoclásico los factores se retribuyen según su productividad marginal que, en competencia perfecta, han de coincidir con el coste de esos factores en el mercado, esto es, la tasa de salario para el trabajo y el tipo de interés para el capital. O dicho de otra forma, en competencia perfecta, el salario se iguala con la productividad marginal del trabajo y el tipo de interés con la productividad marginal del capital<sup>40</sup>.

### 6.1. El criterio de Hicks

En el esquema de Hicks, el progreso técnico se define como ahorrador de trabajo si la productividad marginal del capital ( $dQ/dK=PMgK$ ) se incrementa en relación a la del trabajo ( $dQ/dL=PMgL$ ); como ahorrador de capital si la productividad marginal del capital cae en relación con la del trabajo, y neutral si la ratio de las productividades marginales es constante.

Para entender esta definición, nótese que el cociente de las productividades marginales,  $PMgK/PMgL$ , es  $dL/dK$ , que es la inversa de la relación marginal de sustitución en valor absoluto. A partir de ahora, cuando se aluda a esta relación, se aludirá SIEMPRE a su valor absoluto, de forma que si se indica que ésta se incrementa, será que su valor absoluto se incrementa.

Una elevación de  $dQ/dK$  en relación a  $dQ/dL$  --esto es, el cociente entre las productividades marginales del capital y el trabajo, o sea  $dL/dK$ --, implica una caída en la relación marginal de sustitución y a la inversa. Una ratio constante implica que la relación marginal de sustitución queda inalterada.

Puesto que el progreso tecnológico implica un desplazamiento de la función de producción, el criterio de Hicks requiere que se compare la relación marginal de sustitución en puntos de las isocuantas asociadas a las antiguas y a las nuevas tecnologías. Los puntos sobre los que se

---

<sup>39</sup> Con la expresión *cuota de remuneración de un factor* se hace referencia aquí a la relación  $PMgL L/Q$  para el trabajo y a  $PMgK K/Q$ , para el capital. En competencia perfecta esos dos cocientes serían iguales, respectivamente, a  $wL/Q$  y a  $rK/Q$ , significando  $w$  y  $r$  la tasa de salario (salario por unidad de tiempo) y el tipo de interés, respectivamente. Cuando se habla de la cuota relativa de un factor sobre el otro se alude a  $(PMgL L/Q)/(PMgK K/Q)$ , o más sencillamente  $(PMgL L)/(PMgK K)$  --o su inversa--. En competencia perfecta,  $wL/rK$  --o su inversa--.

<sup>40</sup> Algebraicamente  $w = PMgL$  y  $r = PMgK$ . En toda esta discusión se trabaja siempre en términos reales.

puede hacer la comparación están en cualquier radio que representa un ratio capital/trabajo dado<sup>41</sup>.

Se puede demostrar que el progreso técnico neutral en el sentido de Hicks equivale al concepto de progreso técnico *augmentador igual del trabajo y el capital*, tal y como se definió éste en el epígrafe anterior.

Para enlazar todo esto con lo dicho antes acerca de las cuotas de retribución de los factores con respecto a la producción, hay que recordar primero que la del capital es  $rK/Q$  y la del trabajo  $wL/Q$ . La ratio de las cuotas de los factores puede ser escrita como  $rK/wL$ .

Partiremos de dos supuestos: en primer lugar, todas las empresas utilizan *inputs* en condiciones de competencia perfecta, con lo que se igualan las productividades marginales de los factores con sus precios; en segundo lugar, la función de producción presenta rendimientos constantes a escala, lo que nos garantiza que podemos utilizar el teorema de Euler, según el cual si todos los inputs son retribuidos según su productividad marginal, el valor total de la producción quedará agotado al pagar dichos *inputs*.

Por el primero de estos supuestos, el progreso ahorrador de trabajo, reflejado en un incremento en el ratio de  $dQ/dK$  con respecto a  $dQ/dL$  estará asociado con un incremento en el cociente  $r/w$ . Para cualquier nivel dado de  $K/L$ , esto significa que la ratio de las cuotas relativas ( $=rK/wL$ ) debe también incrementarse, puesto que el segundo supuesto garantiza que todo el ingreso generado en la producción debe ser distribuido entre capital y trabajo. De igual forma,  $r/w$  caerá si el progreso tecnológico es ahorrador de capital en el sentido de Hicks, así como la ratio de las cuotas relativas. Si es neutral,  $r/w$  permanecerá constante para cada nivel  $K/L$ , con lo que la ratio de las cuotas o participaciones relativas no variará.

## 6.2. El criterio de Harrod

En el esquema de Harrod, el cociente  $K/Q$  se mantiene constante al comparar las isocuantas antiguas con las nuevas. Si el producto marginal del capital ( $r$  en competencia perfecta) permanece invariable al producirse el desplazamiento, entonces la cuota o participación del capital es constante. Suponiendo una vez más que sólo hay dos *inputs*, capital y trabajo, una cuota de retribución del capital constante más rendimientos constantes a escala implican una cuota de retribución constante del trabajo y por consiguiente, una ratio de las cuotas relativas también constante. El progreso tecnológico que a una ratio dada capital/producto ( $K/Q$ ) mantiene el rendimiento del capital intacto también preserva la ratio de las cuotas relativas de los factores. Este tipo de progreso es, por definición, el progreso tecnológico neutral en el sentido de Harrod.

---

<sup>41</sup> Vid. Hall (1994), págs. 47 y ss. para una aplicación gráfica de estos conceptos hicksianos al caso de un progreso tecnológico ahorrador de trabajo, de capital y neutral.

Se puede demostrar que este tipo de progreso es equivalente al progreso aumentador puro de trabajo, tal como fue definido más arriba. La idea intuitiva de por qué esto es así es sencilla: dado que  $K/Q$  permanece constante y existe un progreso tecnológico que hace que se produzca el mismo nivel de *output* con una menor cantidad del *input* alternativo, esto es, el trabajo, entonces es que algo hay que hace posible que el trabajo sea más eficiente al utilizar el capital y efectuar la producción.

Cuando el cociente  $K/Q$  se mantiene constante y  $r$  se incrementa,  $rK/Q$  se debe incrementar y a la vez  $wL/Q$  caer --por la condición de Euler--, con lo que la ratio de las cuotas relativas ( $=rK/wL$ ) se incrementará. Este tipo de progreso es, por definición, un progreso tecnológico ahorrador de trabajo en el sentido de Harrod. Cuando el progreso muestra las características opuestas se dice que es ahorrador de capital en el sentido de Harrod<sup>42</sup>.

### 6.3. El criterio de Solow

En el esquema de Solow lo que se mantiene constante es la ratio  $L/Q$ , la inversa de la productividad media del trabajo. El progreso tecnológico neutral en el sentido de Solow sucede cuando el salario real  $w$  se mantiene constante en desplazamientos de la función de producción, con la consecuencia de que, de nuevo, la ratio de las cuotas o participaciones relativas de los factores se mantiene constante. Este tipo de progreso es equivalente al progreso aumentador puro de capital. El progreso técnico sesgado hacia el ahorro de trabajo queda reflejado en un aumento del cociente  $rK/wL$ , y el ahorrador de capital en una caída del mismo.

### 6.4. Algunos comentarios adicionales

Los diferentes criterios aquí expuestos suelen adecuarse unos mejor que otros a determinados problemas que sea necesario estudiar, y de ahí la multiplicidad de aquéllos.

Por ejemplo, en la teoría del crecimiento suele ser más utilizado en criterio de Harrod --de hecho, este gran economista es conocido precisamente por su contribución a la teoría del crecimiento--, porque utilizar el criterio de Hicks, que considera constante el cociente  $K/L$ , no es una buena aproximación para períodos dilatados del tiempo, en los que ese cociente tiende a crecer progresivamente.

A su vez, el criterio de Solow es útil en ciertos modelos de progreso técnico incorporado, en los que es relevante la antigüedad relativa del capital en activo en la economía.

---

<sup>42</sup> En Hall (1994), págs. 50 y ss. puede encontrarse el tratamiento gráfico de un progreso tecnológico ahorrador de trabajo, de capital y neutral en el sentido de Harrod.

Si bien hay un claro paralelismo entre el criterio de Harrod y el de Solow, no sucede lo mismo entre éstos y el de Hicks. En general, son dos criterios bastante diferentes y difícilmente relacionables y de hecho sólo hay una forma particular de función de producción bajo la cual el progreso tecnológico es neutral a la vez en el sentido de Harrod y de Hicks, que es la Cobb-Douglas. Esto posee una implicación interesante, y es que, con ese tipo de funciones de producción, un avance técnico puede ser a la vez aumentador igual de trabajo y de capital y aumentador puro de trabajo, por lo ya indicado anteriormente. El porqué de esto tiene que ver con una característica propia de las funciones Cobb-Douglas y es que presentan siempre una elasticidad de sustitución interfactorial<sup>43</sup> unitaria.

En general, en cualquier otro tipo de función de producción, un progreso neutral en sentido de Harrod puede ser tanto ahorrador de capital como de trabajo en sentido de Hicks.

### 7. Algunas limitaciones del análisis: comentarios a ciertos supuestos del mismo

El modelo presentado aquí adolece de un buen número de problemas: se limita al análisis de las innovaciones de proceso y no de producto; entiende el progreso tecnológico como un fenómeno exógeno; parte de isocuantas que son continuas y sin esquinas; es desincorporado en el sentido que aquí se utiliza, etc. De estas cuatro limitaciones la última es quizá la más restrictiva. Realicemos algunos comentarios a las mismas.

Cuando una innovación es de producto y afecta a un bien estrictamente de consumo, el análisis de la producción aquí realizado no es aplicable a aquélla. Estaríamos ante un problema

---

<sup>43</sup> Se entiende por elasticidad de sustitución la siguiente expresión: El. sus. =  $\sigma = \frac{\frac{dK/L}{K/L}}{\frac{dRMS_{LK}}{RMS_{LK}}} =$

$\frac{\frac{dK/L}{K/L}}{\frac{d \cdot PMgL/PMgK}{-PMgL/PMgK}}$ , y es una medida de la reducción que experimenta el uso relativo de un factor cuando se

incrementa relativamente la productividad marginal del otro. En competencia perfecta,  $\sigma = \frac{\frac{dK/L}{K/L}}{\frac{dw/r}{w/r}}$ .

perfectamente asumible por la teoría del consumidor: ahora éste dispondrá de un mayor elenco de opciones, debiendo maximizar su función de utilidad dada su restricción presupuestaria. En todo caso, habría una nueva función de producción que recogería lo relativo a la elaboración de este nuevo producto en el mercado.

En lo que sigue me ceñiré, pues, a las innovaciones de proceso, porque el análisis que aquí se está realizando acerca de los efectos del cambio técnico y la teoría de la producción no se le puede aplicar a las innovaciones puras de producto.

No obstante, hay que realizar una salvedad: si la innovación es de producto, pero afecta a un bien de capital, se suele convertir automáticamente en una innovación de proceso para la empresa que la utilice, porque generalmente este tipo de innovaciones en la maquinaria suele implicar cambios en los procesos de producción, tanto mayores cuanto más radical sea la innovación materializada o incorporada en la nueva máquina. Este tipo de innovaciones de producto sí nos interesan, en la medida en que influyen sobre la producción y pueden contemplarse como innovaciones de proceso. Sin embargo, el modelo aquí contemplado posee un problema al tratar de introducir el progreso técnico incorporado en una máquina y se trata de que sólo recoge el desincorporado en el sentido de Hall. Cuando comente este supuesto volveré sobre dicha cuestión.

La exogeneidad del progreso tecnológico en este modelo no resulta especialmente grave en la medida en que éste sólo se preocupa de las consecuencias del cambio técnico, más que de sus causas. En ese sentido, no es un inconveniente insalvable del modelo. De hecho, a partir de la caracterización que se ha realizado del progreso tecnológico dentro de la teoría neoclásica de la producción surge una explicación del origen del cambio tecnológico, una forma de endogeneizarlo. Supongamos, en un modelo de competencia perfecta, que por las razones que fueren, el precio relativo del factor trabajo, el cociente  $w/r$ , se incrementa *ceteris paribus*. Sucederán tres cosas:

a) En el corto plazo la empresa utilizará menos cantidad de trabajo y la misma de capital. Esto es el efecto escala en la demanda de trabajo. La cantidad de capital no se puede modificar por definición.

b) Supongamos que no hay cambios en la *calidad* del capital, esto es, que las tecnologías de producción no varían. En el largo plazo la empresa utilizará menos trabajo --encarecido-- y más capital --abaratado--. Se produce una sustitución de factores, que se supone posible porque, por hipótesis del modelo neoclásico sencillo, los factores son sustituibles, aunque no lo sean de una forma perfecta (isocuantas convexas). Esto es el efecto sustitución en la demanda de trabajo (o de capital, si ése fuera el caso). La empresa se habrá desplazado de su isocuanta --porque variaciones en los precios relativos de los factores modifican la cantidad óptima de producción-- y como resultado la empresa *quita* trabajo y *pone* capital. Aquí no hay progreso técnico alguno.

c) Se produce una modificación en las técnicas productivas --cambio técnico-- que pasan ahora a requerir menos trabajo y más capital. Las máquinas se diseñan para que consuman

menos trabajo. El cambio técnico se hace ahorrador de trabajo. Esto es lo que se denomina la explicación del *sesgo inducido* del progreso técnico. La evolución del precio de los factores estimula una determinada orientación del cambio técnico que va a favor del uso del factor más barato.

Hicks --vid. Vivarelli (1995), pág. 10-- hizo hincapié en este mecanismo por el cual el cambio técnico es dirigido/orientado por las fuerzas del mercado, aparte de otros posibles condicionantes, como la oferta de conocimientos científico-técnicos. Para Hicks, la tendencia general dada en Europa en los últimos siglos de un crecimiento mucho más rápido del capital que del trabajo, abarató aquél con respecto a éste y por consiguiente ello ha sido un estímulo para las invenciones ahorradoras de trabajo.

En un capítulo posterior de este trabajo se discutirá acerca de los orígenes y determinantes del progreso tecnológico.

Continuando con la discusión de los supuestos, el que sí resulta *fuerte* es el de la desincorporación en el sentido de Hall. Suponer que el progreso tecnológico aumenta la productividad de todas las máquinas de todas las edades que hay en la economía o en el sector considerado o en la empresa que constituya el ámbito de estudio es más una herramienta pedagógica que algo que tenga que ver con la realidad. Es cierto que una innovación en el proceso de producción que no sea de origen tecnológico, sino puramente organizativo, puede poseer esta característica, pero entonces estamos ante una innovación que por definición no es tecnológica y por tanto queda excluida de este estudio. Por otra parte y *a fortiori* es difícil imaginar una innovación de este tipo que no venga originada por alguna innovación de origen tecnológico.

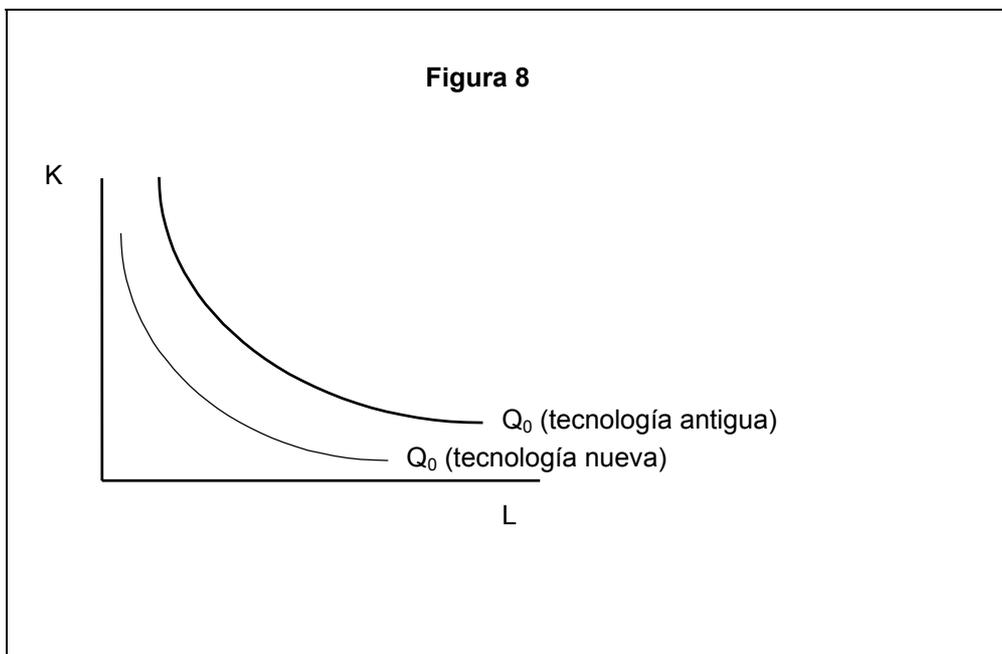
El cambio técnico desincorporado, definido de la forma que se viene considerando, arrastra hacia la izquierda a toda la isocuanta de la forma que se recoge en la **figura 8**.

Dado que cada uno de los puntos de una isocuanta representa una técnica concreta de producción que requiere una combinación determinada de capital y de trabajo, al afectar el cambio técnico a toda técnica, la isocuanta en conjunto se desplazará. Pero en la realidad las cosas no suceden de esta forma: el cambio técnico normalmente afectará sólo a una parte de la isocuanta, porque está incorporado en un bien de equipo y no puede desplazar toda la isocuanta. Otra forma de decir lo mismo es que el cambio técnico afectará a ciertas técnicas concretas de producción, no a todas.

En realidad, aquí se está aludiendo a dos cuestiones diferentes: en primer lugar, al supuesto de la desincorporación, pero también a la continuidad y a la ausencia de esquinas en la curva isocuanta.

Suponer que la isocuanta es una curva continua, y más aún que no presenta esquinas, no es un supuesto creíble, porque el conjunto de técnicas disponibles en un momento dado o a lo largo del tiempo no permiten combinar factores de producción de una forma tan libre como la que sugiere una isocuanta continua y no quebrada convencional, por más que la convexidad de la

misma nos indique que los factores de producción no son perfectamente sustitutos (en cuyo caso sería recta). Porque una cosa es que la sustituibilidad de factores no se produzca de forma perfecta, pero puedan producirse combinaciones diferentes de factores a lo largo de toda la isocuanta continua y otra --que es de lo que aquí se trata-- que sólo estén disponibles o sean posibles determinadas combinaciones de factores --isocuanta quebrada o discontinua.



En general, en la medida en que en el proceso productivo se utilizan máquinas que representan determinadas y diferentes tecnologías de producción, la curva isocuanta no podrá ser en la práctica sino una línea quebrada en el mejor de los casos. Es más, ni siquiera tiene por qué ser una línea continua, sino que pueden constituirla diversos segmentos (o puntos) separados entre sí. La maquinaria posee limitaciones a la hora de combinar factores, que vendrán determinadas por las características de esa maquinaria.

Otro problema ligado a la isocuanta continua --en el que no se entra-- es que ésta requiere el supuesto previo de que los factores se puedan alterar de una forma continua y no discreta, cosa que en la práctica no es posible.

Con todo, las críticas acerca de la continuidad y ausencia de esquinas de la isocuanta no es insalvable por el modelo, pues las supera cuando supone que la isocuanta puede ser una línea quebrada y aun discontinua, como en la **figura 2**. Pero ese arreglo deja pendiente la cuestión de la desincorporación.

En efecto, si suponemos cambio técnico desincorporado y una isocuanta quebrada o discontinua, lo esencial del modelo se sigue manteniendo: el cambio técnico arrastraría igualmente toda la isocuanta, porque afectaría a toda técnica disponible, independientemente de su forma.

Cuando el cambio técnico está incorporado en un bien de equipo, la isocuanta no puede desplazarse hacia el origen en toda su longitud, porque no afecta a toda técnica, sino a una o a unas pocas de ellas. Cómo afectase el cambio al desplazamiento dependería de las características del mismo. Lo único que puede señalarse es que no sería uniforme.

Resultaría interesante concluir este apartado con una referencia que puede considerarse terminológica con respecto al concepto de desincorporación utilizado en este capítulo. En Stiglitz (1987), págs. 127-130, el autor utiliza el concepto de *progreso técnico localizado*, al que define como aquél que afecta a una sola tecnología, a una forma de producir un bien y que tiene efectos limitados en otras tecnologías de producción (pág. 127). Esto sería un progreso técnico no desincorporado, en el sentido que aquí manejamos. En rigor, el *progreso técnico localizado* completo o puro sería aquél que carece completamente de efectos en otras tecnologías de producción, es decir, aquél que no presenta ningún tipo de *spill-over* (véase su figura 5.2, pág. 128, donde precisamente la isocuanta es una línea quebrada). Sin embargo, el *progreso técnico localizado* también puede presentar ciertos efectos externos, limitados, sobre otras tecnologías, como se aprecia en su figura 5.3 (p. 129). Se trataría entonces de un *progreso técnico no completamente localizado*. Alternativamente, el *progreso técnico no localizado* puro sería aquel que afectaría a todas las técnicas disponibles simultáneamente y de una forma similar, y correspondería a la desincorporación en el sentido de Hall.

En el siguiente epígrafe se expondrán algunas críticas más sustanciales al modelo expuesto en este capítulo y que van más allá de la crítica de algunos de sus supuestos.

#### 8. Críticas al modelo básico del progreso tecnológico: los problemas asociados a la función de producción

Una de las principales fuentes de críticas al modelo neoclásico tiene su origen en el propio concepto de función de producción y en cómo afecta a ésta el progreso tecnológico.

La función de producción, como se ha visto, establece una distinción básica entre: a) sustitución de factores (trabajo y capital, para simplificar), que vendrían representados por movimientos a lo largo de la isocuanta cuando se produce una alteración en el precio de los factores, y que implicarían pasar de una técnica conocida a otra similar y b) el cambio tecnológico, que lo que hace es modificar la función de producción permitiendo que las mismas cantidades de inputs generen más producción, o que la misma producción requiera menos cantidad de factores. Rosenberg (vid. Rosenberg (1979h), pág. 75) señala que la función de producción resulta un instrumento analítico útil para resolver determinados problemas (por ejemplo, ciertos determinantes del desarrollo económico, como la aportación de los residuos de Solow<sup>44</sup>), pero que

---

<sup>44</sup> Vid. Solow (1957). Sobre esta cuestión se hablará en un capítulo próximo.

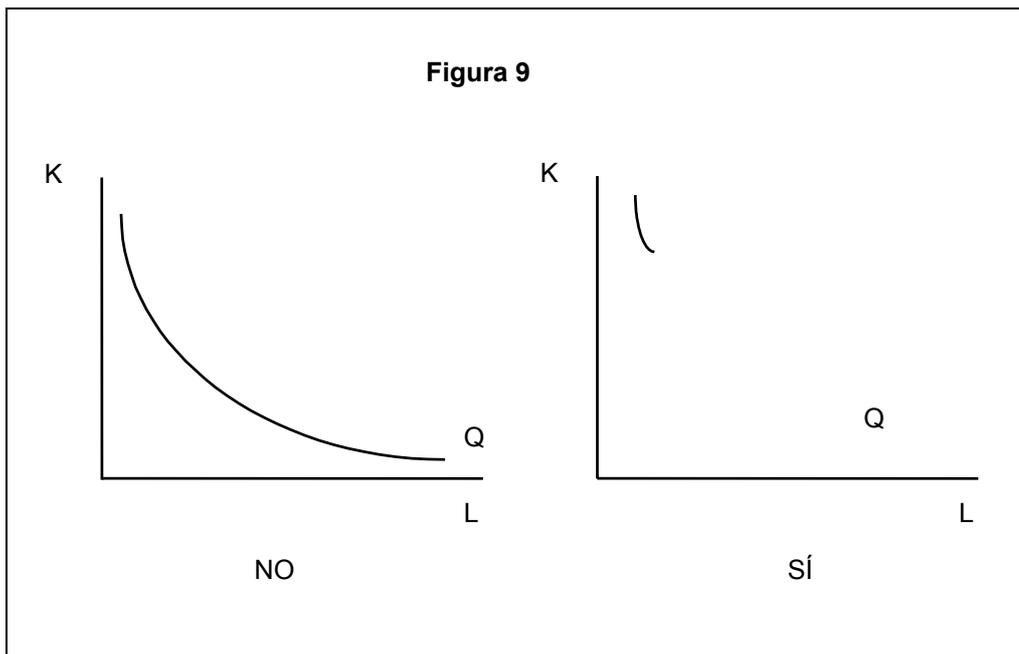
no ofrece respuestas al cambio tecnológico en sí y a los problemas de la generación de las tecnologías alternativas existentes.

Este planteamiento del profesor Rosenberg critica, como puede apreciarse con facilidad, el supuesto de exogeneidad del cambio técnico. Pero su crítica va más allá de eso. Las isocuantas se ven normalmente como curvas continuas y convexas que indican las opciones técnicas disponibles para el empresario en lo que a la combinación de factores se refiere. Eso y la información económica de costes y precios ofrecida por el mercado confluirán en la elección concreta del empresario. En el modelo competitivo el precio del bien y el coste de los factores vienen determinados por el mercado.

Dada la función de costes y la de producción, el problema para una empresa maximizadora de beneficios no es más que escoger la cantidad de *output* que logra esa optimización, sujeta a la restricción que impone el coste de los *inputs* involucrados. Tal se lograría, gráficamente, cuando se igualan las pendientes de la isocuanta y de la isocoste pertinentes o si se prefiere cuando el ingreso marginal se iguala con el coste marginal.

Pero surge un problema inevitable derivado de la forma de las isocuantas: si una isocuanta es conocida, es que son conocidas todas las técnicas que en ellas están representadas, lo que se podría denominar las alternativas tecnológicas. Pero este conocimiento representa un problema: dado que producir un conocimiento genera costes, *¿por qué las alternativas tecnológicas que representan combinaciones de factores más allá de aquellas justificadas por los precios actuales deberían ser conocidas?* (Rosenberg (1979h), pág. 75). Si el trabajo es más caro que el capital en un país desarrollado, ¿por qué conocer las técnicas de producción intensivas en trabajo? Dado que esto es así, que la información es costosa, y a veces mucho, es difícil sostener la plausibilidad del supuesto por el que se conoce la isocuanta amplia convencional que la teoría neoclásica de la producción nos enseña.

Lo lógico es que se conozca sólo un pequeño segmento de combinaciones posibles de trabajo y capital (vid. **figura 9**).



Pero esto sólo plantea el problema, no lo resuelve. Porque si lo que se conoce es sólo un segmento pequeño, la distinción entre sustitución de factores (desplazamiento a lo largo de la isocuanta) y cambio tecnológico (desplazamiento de la función de producción o acercamiento al origen de la isocuanta) se torna brumosa. Porque si se producen cambios en los precios y la empresa quiere reaccionar a los mismos, tendrá que invertir recursos para conocer nuevas combinaciones óptimas de factores (reducir el uso del factor encarecido). Y eso entonces sería más bien progreso tecnológico que mera sustitución de factor. Es decir, ampliar el fragmento conocido de isocuanta puede significar de hecho progreso tecnológico. Por otra parte, si hoy es posible conocer datos para la sustitución de factores, es porque ayer se han invertido recursos para hacer posible eso, es decir, porque ayer se realizaron exploraciones tecnológicas.

Todo esto lleva a replantearse el problema de la definición de la función de producción.

Salter se hizo este tipo de reflexiones y adoptó al final un criterio pragmático. Para él, la función de producción incluye todos los proyectos posibles que pueden desarrollarse con el presente acervo de conocimientos, estén o no ya desarrollados esos proyectos. La función de producción incluiría las técnicas que podrán derivarse de ese conjunto de conocimientos científicos existentes en el momento.

El problema de esta visión, útil a los efectos de Salter, es que no se libra de las objeciones que se le hacen a la función de producción microeconómica convencional, porque se está considerando como sustitución de factores algo que todavía no se conoce --aunque sí se conozcan las bases científicas de las que se derivará ese algo-- y que sólo se conocerá si se realizan esfuerzos de investigación. Rosenberg critica esta posición de Salter, puesto que sólo integra el conocimiento científico, y omite el industrial o ingenieril, que a la postre es el que tiene significación económica.

Uno de los problemas que según Rosenberg posee el análisis que postula la teoría convencional, caracterizado por variaciones claras en funciones de producción bien definidas, es que es un tipo de análisis que puede ser adecuado para avances radicales en los conocimientos científicos. Éstos traen consigo nuevos y completos campos de combinaciones de factores que resultan más eficientes para producir un bien determinado. Pero este mismo análisis olvida las pequeñas fuerzas que generan modestas variaciones en las fronteras de posibilidades de producción. Y si bien estas fuerzas aisladamente son poco apreciables, poseen una importancia muy superior cuando operan de forma paulatina y acumulativa.

Un problema diferente del descrito hasta aquí, aunque pueda presentarse en términos parecidos, hace hincapié en la dificultad de separar el progreso técnico de la inversión en nuevo capital. Según estas visiones, derivadas de las teorías del crecimiento de los años cincuenta, el crecimiento requiere a modo de requisito previo procesos de inversión en nuevo capital. De hecho, se observa que en todos los países desarrollados se ha registrado un incremento sostenido de la relación  $K/L$ . Como el nuevo capital incorpora progreso técnico, sería harto dificultoso separar lo que sería el cambio de la función de producción (isocuanta que se desplaza hacia el origen: cambio técnico) del desplazamiento a lo largo de la isocuanta (esto es, el resultado de la inversión en nuevo capital), hacia la izquierda y hacia arriba. Si no existiera progreso técnico no habría dificultad ninguna en separar ambas cosas: se tendría un desplazamiento puro a lo largo de la misma isocuanta. Este problema, expuesto entre otros autores por Kaldor ya en 1957 --vid. Kaldor (1957)--, es diferente del planteado más arriba. Esta cuestión ligada al crecimiento económico no se interroga acerca de si es conocida o no la forma de la isocuanta --se supone que sí-- y todo lo que de ello se deriva, sino que el planteamiento se ciñe a la dificultad de separar la inversión en nuevo capital --sustitución de factores-- del progreso técnico cuando se incrementa el cociente  $K/L$ .

Otro problema asociado con la relación entre opciones técnicas y costes es que resulta extremadamente difícil separar entre ambas categorías de factores. El modelo sencillo expuesto anteriormente distingue con nitidez los dos problemas: la mejora del conocimiento técnico ampliaría el ámbito de lo técnicamente posible, mientras que el cambio en los precios de los inputs alteraría los términos de la elección de las técnicas (esto es, provocaría la sustitución de factores), pero la realidad es algo más compleja.

En efecto, el hecho de que exista un conocimiento que haga factibles técnicamente numerosos métodos de producción no significa que todos se desarrollen en la práctica. Normalmente habrá que elegir entre ellos el que posea visos de ser comercialmente rentable. Aquí los costes --los precios de los factores-- son relevantes: en una economía con salarios relativamente elevados no se desarrollarán procesos intensivos en trabajo, por más que el conocimiento científico-técnico los haga posibles.

Otra vía por la cual interaccionan costes y alternativas tecnológicas depende del proceso de diseño de la maquinaria, que básicamente implica elecciones de costes sujetas a restricciones de tipo técnico.

Por otra parte, un empresario normal que adquiere el capital a un proveedor de bienes de equipo no puede elegir de una forma absolutamente libre la técnica que utilizará, puesto que su elección depende de los modelos de máquinas que puede adquirir en el mercado. Y si él diseña su propia maquinaria, el productor de ésta tendrá que ceñirse a los requerimientos de su cliente. Por su parte, los productores de bienes de equipo sólo producirán aquellas que incorporen técnicas de coste mínimo. Dicho de otra forma, el equipo realmente disponible implica un grado importante de preselección basada en el coste. Se advertirá que esto está en relación con lo que más arriba se señaló acerca del sesgo inducido.

Como puede verse, no hay una divisoria clara que separe entre elecciones económicas y técnicas, y desde luego, no es únicamente el empresario quien elige la técnica que va a ser utilizada en su empresa. No obstante, el problema no estriba en cómo se reparte el proceso de toma de decisiones en lo que a la elección de técnicas productivas se refiere: si lo hace el empresario que adquiere maquinaria o si ese papel compete al fabricante de la misma. Si el objetivo es minimizar los costes, los resultados serán los mismos independientemente de quien lo haga.

El problema es otro: dado que la función de producción describe los métodos alternativos de producción en función de los requerimientos de *inputs*, podría decirse que el concepto de función de producción es susceptible de referirse a dos formas diferentes de entender las gamas de técnicas alternativas, que serían: a) el grupo relativamente reducido de técnicas realmente disponibles en el mercado en forma de diversas maquinarias, que constituyen el verdadero ámbito de elección de los empresarios; b) el muy amplio conjunto de técnicas que podrían derivarse de los conocimientos existentes.

Escoger entre una u otra noción de función de producción entraña problemas: la primera sobrevalora las restricciones impuestas por los conocimientos técnicos actuales, porque la función de producción se construye sólo a partir de las máquinas existentes en el mercado; asimismo, y esto es una objeción aún más decisiva, este criterio impide distinguir entre influencias económicas y técnicas en la elección de las técnicas productivas: los precios de los factores influyen en el proceso de diseño y determinan parcialmente el carácter de la función de producción. Así, si una máquina ahorra trabajo no tendría por qué ser debido a cuestiones meramente técnicas, sino porque al haberse diseñado la máquina se sabía que el trabajo era más caro que el capital. Adicionalmente, esta visión implica horizontes de corto plazo. Pero el criterio b) no es menos problemático, precisamente por su amplitud.

En la práctica, como se señaló más arriba, resulta difícil discernir entre aspectos técnicos y económicos y establecer una separación contundente entre ellos.

Cuando se construye un modelo teórico basado en funciones de producción hay que definir el concepto escogido. Por citar sólo dos nombres, Salter se decanta por el b), mientras que Rosenberg critica las repercusiones de esa elección. Naturalmente, lo escogido depende de los intereses a los que aquel modelo pretenda servir. Cuando Salter escoge el b) lo hace porque le parece más conveniente a la hora de analizar los problemas del largo plazo y porque dicho criterio es más independiente de los precios de los factores y por eso más apropiado cuando sólo interesa considerar las cuestiones meramente técnicas como las limitaciones reales de las posibilidades de producción.

No obstante, Salter entiende que el concepto mismo de función de producción no deja de ser una construcción esencialmente artificial (Salter (1986), pág. 41): primero porque no hay manera normalmente de establecerla en la práctica y, de ahí, porque ningún ingeniero ni ningún empresario piensan en ella, sino que se va directamente de los conocimientos a la técnica de menor coste. La función de producción no establece quién toma las decisiones técnicas: ¿empresario, fabricante de la maquinaria, diseñador de la misma? Como señala Salter (ibid., pág. 41), recapitulando todas estas consideraciones:

Los precios relativos de los factores son indicadores que representan una amplia serie de influencias que determinan la forma en que el conocimiento técnico se aplica a la producción.

Se ha intentado establecer una posible función de producción, a partir de métodos ingenieriles<sup>45</sup>, basada en la medición de *inputs* en términos físicos y combinados de acuerdo con sus interacciones técnicas. Estas funciones serían tremendamente complicadas, pero irían más allá de la abstracción habitual que supone el concepto convencional de función de producción.

#### *9. Algunas repercusiones de estas críticas sobre el sesgo en el ahorro de factores productivos*

Como ya se ha señalado en el epígrafe anterior, en la realidad no puede distinguirse de forma nítida entre los procesos relativos a la sustitución de factores y los ligados puramente al cambio técnico. Allá se han trazado algunas de las causas de por qué eso era así. Sin embargo, tales dificultades generan otras sobre el concepto del progreso tecnológico como un proceso sesgado hacia el ahorro de un determinado factor productivo. A discutir estas cuestiones dedicaré las siguientes líneas<sup>46</sup>.

---

<sup>45</sup> Vid. Vegara (1989b), pág. 20, especialmente la nota 24, donde se da referencia de trabajos concretos en ese sentido.

<sup>46</sup> En este epígrafe sigo básicamente a Salter (1986), págs. 73 y ss. y a Rosenberg (1979g), págs. 121 y ss.

Se ha observado que la productividad agregada del trabajo ha aumentado de forma mucho más rápida que la del capital. Esta es una tendencia que se observa para los países desarrollados en conjunto y que arranca en el siglo XIX como consecuencia de la Revolución Industrial<sup>47</sup>. Cuando el análisis pretende averiguar las causas de ese comportamiento diferencial surgen dos posibilidades principales: a) que los avances técnicos estén altamente sesgados hacia el ahorro de trabajo; b) que no lo estén, pero vengan acompañados de una sustitución significativa de factores inducida por el progreso técnico en la fabricación de bienes de equipo y que los abarata.

Nótese la diferencia entre las dos posibles explicaciones: la primera de las dos implicaría que el encarecimiento del trabajo estimula la búsqueda de nuevos conocimientos y tecnologías dirigidos específicamente a ahorrar trabajo; la segunda, por contra, alude al efecto compensador de la sustitución de factores derivados del abaratamiento de los bienes de equipo. Es decir, los bienes de equipo --el capital-- se abaratan como consecuencia del progreso técnico en la fabricación de los mismos y eso induce una sustitución de trabajo por capital.

Salter se pregunta, a la hora de decidir entre las dos explicaciones, si existe alguna razón a priori para esperar un fuerte sesgo hacia el ahorro de trabajo. Una razón, además, válida no sólo para las técnicas más recientes. Pero surge una dificultad inmediata cuando se evalúa la probabilidad de tales sesgos y es que, como ya se ha comentado, las técnicas observadas en la realidad son el resultado de una interacción del carácter de los avances técnicos y de la sustitución de factores. Entonces, ¿cómo se resuelve la disyuntiva? Según la teoría de las invenciones inducidas de Hicks, habría razones para suponer que el progreso tecnológico posee un sesgo ahorrador de trabajo: como el trabajo se encarece con respecto al capital, se estimula la búsqueda de técnicas que ahorren trabajo. Aunque el argumento resulte correcto, se puede de hecho interpretar de dos formas, que coinciden con las dos alternativas antes planteadas.

En efecto, si lo que sostiene Hicks es que se obtienen nuevos proyectos ahorradores de trabajo del estoc de conocimientos y técnicas existentes, entonces el argumento equivale a la sustitución de factores dentro del proceso de diseño de los bienes de equipo<sup>48</sup>. Salter afirmará: *es una mera cuestión semántica el denominar a las nuevas técnicas de este tipo inventos o una forma de sustitución de factores* (op. cit., pág. 76).

Si, por el contrario, el argumento de Hicks implica que el encarecimiento del trabajo estimula la búsqueda de nuevos conocimientos dirigidos específicamente a ahorrar trabajo, entonces el argumento resulta esencialmente erróneo. La razón aducida por Salter es que el empresario está interesado en reducir los costes totales, no específicamente los laborales o los de capital. Si el coste del trabajo sube, un avance que reduzca el coste total es bien acogido, resultando irrelevante que eso se consiga ahorrando trabajo o capital. No hay ninguna razón para

---

<sup>47</sup> Vid. los trabajos empíricos que para las economías americana y británica se ofrecen en Salter (1986), pág. 73, nota 16.

<sup>48</sup> Esto es coherente con la noción de función de producción que adoptaba Salter, comentada previamente.

suponer que se debe concentrar la atención en las técnicas ahorradoras de trabajo, salvo que, debido a características intrínsecas de la tecnología, el conocimiento ahorrador de trabajo sea más fácil de adquirir que el que permite ahorrar capital.

Salter señalará que no hay justificación alguna, más allá de la adquisición de los nuevos conocimientos técnicos, para sostener la opinión de que los avances técnicos son esencialmente ahorradores de trabajo y que sólo accidentalmente ahorran capital. Y ofrece varias razones, de las que subrayo dos:

i) Los nuevos procesos incorporados a los bienes de capital muestran un mayor ahorro absoluto de trabajo que de capital. Esto es un hecho observado, pero no puede justificar el que el avance técnico sea sólo ahorrador de trabajo. Como las nuevas técnicas son fruto del avance técnico y de la sustitución factores, lo que sucedería es que el progreso técnico podría ahorrar simultáneamente trabajo y capital, pero como se está sustituyendo trabajo por capital, el posible ahorro absoluto de capital se ve compensado por la mayor utilización de éste proveniente de la sustitución de factores;

ii) El ahorro absoluto de capital tiende a infraestimarse porque se nota menos que el del trabajo. Imagínese una máquina que permite que diez hombres realicen la producción de veinte con una maquinaria anterior: esto es muy visible. Supóngase que la nueva máquina trabaja a doble velocidad que la antigua: esto es un ahorro de capital.

Debido a este conjunto de razonamientos, Salter concluye afirmando que es difícil aceptar cualquier razón a priori por la cual los ahorros de trabajo sean tan grandes que expliquen los aumentos de la productividad agregada del trabajo en comparación con la del capital. Considera más razonable poner el énfasis en la sustitución inducida por el abaratamiento de los bienes de capital.

Las cuestiones discutidas en este epígrafe no invalidan, por supuesto, las clasificaciones de progreso ahorrador de un factor en el sentido de Hicks, Solow o Harrod. Su objetivo es otro: se interrogan sobre el efecto que el cambio técnico posee en la utilización y en el ahorro de los factores productivos<sup>49</sup> y los mecanismos a través de los cuales opera ese efecto.

---

<sup>49</sup> Sobre la cuestión del sesgo en el ahorro de factores y los comentarios a la misma, puede verse también Nelson et al. (1969), págs. 50-52, Rosenberg (1993e), pág. 27 y ss. y la literatura que ahí se cita y Rosenberg (1979b), págs. 157-160 y 165-167, si bien ahí la reflexión se dirige a la problemática específica de los países subdesarrollados.

## Capítulo cuatro. La aportación schumpeteriana a la economía del cambio técnico.

### 1. Introducción

El presente capítulo, como su título indica, pretende resumir las principales aportaciones realizadas por J.A. Schumpeter (1883-1950) en la conceptualización del cambio técnico y en las cuestiones relacionadas con éste. Para la tarea se seguirá fundamentalmente Vegara (1989d), que resulta una magnífica introducción a este autor, junto con otras fuentes que se indicarán en su momento.

### 2. Planteamiento general

Schumpeter introduce la innovación, sea o no tecnológica, en el centro de su teoría del desarrollo económico. Las obras en que expondrá su sistema teórico son varias y su preocupación por el tema va a abarcar prácticamente toda su carrera científica. Ya en 1911, y por ceñirnos sólo a los libros, publica su *Teoría del desarrollo económico*. En 1939 salen a la luz sus *Ciclos económicos*, y tres años después *Capitalismo, socialismo y democracia*. Como señala Vegara en la obra citada (pág. 145), existe en estas obras una notable permanencia en las grandes cuestiones que definen su sistema.

El autor parte del concepto de “corriente circular”, cuyas características son la repetición indefinida de las tareas económicas --lo que facilita el aprendizaje, la formación de expectativas, etc.-- y la libre competencia. El modelo más acabado formalmente de esta corriente es el equilibrio general walrasiano. En este marco los riesgos son asegurables, el beneficio no existe --el producto se reparte entre tierra y trabajo-- y el tipo de interés de los préstamos por actividades productivas es nulo (Vegara (1989d), pág. 146). De igual forma, en este modelo, no hay lugar para el desarrollo económico. Schumpeter utiliza este esquema como un instrumento analítico o metodológico a partir del que construir su sistema. El autor entiende que en el mundo real las cosas no son así y que la competencia perfecta no es el estado habitual de las cosas.

Una vez se parte de la idea de “corriente circular”, surge la cuestión de los cambios que pueden producirse. Schumpeter distingue entre dos grandes tipos. Por un lado los cambios continuos, pequeños, que no introducen discontinuidades en el curso de la corriente. Por el otro, cambios bruscos que no se dan continuamente, pero que alteran y modifican aquélla. Estos últimos, sus causas y sus consecuencias, van a constituir el objeto de estudio del autor.

El proceso de desarrollo está ligado a los cambios discontinuos, cualitativos, que generan rupturas. Así, cuando Schumpeter entre a discutir el papel de las innovaciones se preocupará de las radicales, no de las incrementales.

Schumpeter considera desarrollo *los cambios de vida económica que no hayan sido impuestos a ella desde el exterior sino que tengan un origen interno*. Asimismo, señala que va a considerar *aquella clase de transformaciones que surgen del propio sistema, que desplazan en tal forma su punto de equilibrio que no puede alcanzar el nuevo desde el antiguo por alteraciones infinitesimales*. Es de notar que el autor considera ese fenómeno de desarrollo como un proceso endógeno, un proceso que no puede existir propiamente sin esos cambios cualitativos. A partir del estado estacionario determinado por la “corriente circular”, Schumpeter estudia cómo se realiza el proceso de desarrollo: las innovaciones son el medio por el que se producen los cambios discontinuos. Como señala el propio autor: *el desarrollo es la puesta en práctica de nuevas combinaciones*. Esto es, la introducción de innovaciones.

### 3. El papel asignado a las innovaciones

A diferencia de otras importantes visiones teóricas sobre el cambio técnico, como la de Jacob Schmookler, que será introducida más adelante, para Schumpeter la innovación casi siempre aparece en la esfera de la vida industrial y comercial, no en la de las necesidades de los consumidores de productos acabados. Esto es, el motor de la innovación no es la demanda, sino la oferta, lo cual es coherente con el papel que el autor asigna a la figura del empresario, papel sobre el que más abajo se volverá.

Schumpeter ensaya una tipología de las innovaciones, a las que ya nos referimos en el primer capítulo de este trabajo. Una vez más, conviene resaltar que de los cinco tipos de innovaciones, sólo las dos primeras son tecnológicas --y ni siquiera siempre--, no así las demás. Las diferentes clases de innovaciones son las siguientes:

- 1) Introducción de un nuevo bien o de una nueva calidad de un bien;
- 2) Introducción de un nuevo método de producción, que no precisa fundarse en un descubrimiento nuevo desde el punto de vista científico y que puede consistir simplemente en una nueva forma de manejar comercialmente una mercancía;
- 3) Apertura de un nuevo mercado;
- 4) Conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o de productos semielaborados;
- 5) Creación de una nueva gran organización en cualquier industria, entendiendo por tal la modificación de la estructura de mercado preexistente.

Lo que distingue a las innovaciones, más allá de su tipo, es su capacidad para crear beneficios, esto es, para romper la “corriente circular”. Para el autor, las innovaciones radicales

generan ciclos económicos, otorgan una superioridad a sus introductores y suponen la creación de nuevas empresas y la renovación de las existentes. Como puede apreciarse, pues, Schumpeter otorga una importancia capital a las innovaciones. Sin embargo, en su sistema, las invenciones propiamente dichas carecen de importancia económica, al menos mientras no se pongan en práctica, esto es, hasta que no se conviertan en innovaciones. Además, como se desprende de la propia tipología expuesta, no es relevante económicamente el hecho de que la innovación comporte o no novedades científicas. Por otra parte, “inventar” e “innovar” son funciones completamente diferentes, que requieren aptitudes diferentes y que realizan agentes asimismo diferentes<sup>50</sup>.

#### 4. La destrucción creativa

Una vez llegados a este punto puede introducirse ya una de las aportaciones más célebres del pensamiento schumpeteriano: el proceso de *destrucción creativa*, que en el capitalismo es puesto en marcha por la innovación. Ese oxímoron quiere significar el proceso de mutación que revoluciona sin parar la estructura económica desde dentro, destruyendo lo antiguo y creando nuevos elementos. En el capitalismo este proceso resulta esencial y es la base del desarrollo económico.

Asimismo, el proceso de destrucción creativa está en la base de la teoría schumpeteriana del ciclo económico. En efecto, la destrucción creativa, la aparición de innovaciones junto con las consecuencias que tal aparición induce, no es un proceso uniformemente distribuido en el tiempo, sino que se concentra en determinados períodos, en el que las innovaciones surgen como formando racimos. De otra manera no existirían los ciclos.

A partir del surgimiento de ciertas innovaciones o de grupos de ellas, las empresas que las producen experimentan una considerable expansión. Esto va haciendo que, de no reaccionar, las empresas preexistentes vayan quedando eliminadas. Si este proceso es generalizado --y lo tenderá a ser porque las otras empresas, so pena de desaparecer, tendrán que imitar la innovación o generar otras-- la economía experimenta un auge. Por contra, las recesiones y depresiones aparecen cuando se ha agotado el potencial generado por los grupos de innovaciones previas. Los empresarios ven reducirse sus expectativas de beneficios y el ritmo de introducción de innovaciones se ve frenado. Este decaimiento de las expectativas se relaciona con la deflación originada por el reembolso de los créditos que financiaron el proceso expansivo. En el modelo schumpeteriano, el recurso al crédito para la financiación de la actividad innovadora asume un papel fundamental. El crédito permite reasignar recursos ya ocupados en la “corriente circular” para destinarlos a actividades innovadoras. Esos créditos podrán ser reembolsados

---

<sup>50</sup> Schumpeter, en los años cuarenta, modificará este punto de su sistema. Véase el final de este capítulo.

debido al hecho de que las innovaciones permiten obtener beneficios diferenciales, bien sea gracias al incremento de la productividad que ocasionan o bien a los mayores márgenes que pueden ser cargados a los nuevos bienes introducidos en el mercado. Además de esto, la propia competencia ejercida por los imitadores reduce los márgenes de beneficios de la innovación con lo que se tiene una explicación complementaria de recesiones y depresiones<sup>51</sup>.

Naturalmente, los ciclos económicos son diferentes entre sí en cuanto al calado que implican las transformaciones que inducen en la vida económica. De hecho, existen varios ciclos que operan simultáneamente, con duraciones diferentes. Los ciclos largos --los llamados ciclos Kondratieff, cuya duración es de unos cincuenta años-- son los más importantes porque en ellos se producen los cambios más trascendentales en las condiciones económicas. A finales de los años setenta y en los ochenta se recuperó el estudio de las características y posibilidad de existencia de esos ciclos u ondas largas. En un capítulo posterior de este trabajo se incidirá en esto con mayor detalle.

### *5. El papel del empresario*

En el sistema schumpeteriano, el empresario es precisamente el individuo que desempeña la función económica de introducir o producir innovaciones. Empresa es esa producción de innovaciones. Un “empresario” es algo, pues, diferente a un “capitalista” y también a un “director de operaciones” preexistentes, aunque la misma persona pueda serlo todo a la vez.

El concepto de “empresario” es un concepto muy ligado a la psicología de los individuos, puesto que ciertas personas poseen de una forma más acusada que otras las aptitudes que hacen al empresario, que definen lo que se podría llamar el universal o el prototipo del empresario: esa capacidad de crear novedades, de vencer las resistencias a lo nuevo, de ejercer un liderazgo. El empresario no tiene por qué arriesgarse, salvo en lo que concierne a su prestigio personal, puesto que el capital invertido no es suyo, y si es suyo no lo es en tanto que empresario, sino en tanto que capitalista. Un empresario puede perfectamente ser un empleado. Una de las repercusiones más importantes de este, llamémosle así, “psicologismo” es que hace del proceso de desarrollo económico algo en buena medida dependiente de variables ligadas al carácter de las personas involucradas. Y eso es un supuesto discutible<sup>52</sup>.

Introducir innovaciones genera beneficios diferenciales con respecto a la competencia. Así, cuando un empresario produce una innovación y obtiene un beneficio, los competidores responden imitando esa innovación o generando otras, con lo que el beneficio diferencial posee

---

<sup>51</sup> Un examen de estas cuestiones puede consultarse en Freeman et al. (1985), págs. 40 y ss.

<sup>52</sup> Véanse las matizaciones que realiza Paul Sweezy a propósito de esto mismo en Vegara (1989d), pág. 155 y 156. En términos más generales, véanse a su vez las reflexiones de Rosenberg acerca del papel que la racionalidad tiene en la obra de Schumpeter, en Rosenberg (1994b), págs. 53 y ss.

un carácter transitorio. Estos beneficios están ligados a posiciones de monopolio, que serán normalmente temporales. Schumpeter otorga gran importancia a la competencia potencial.

En relación con el papel del empresario, en *Capitalismo, socialismo y democracia* (1942), Schumpeter reflexiona sobre una tendencia que comenzaba a observar en la realidad económica de su tiempo y es la progresiva sustitución del impulso personal del “empresario innovador” por la racionalización de la tarea innovadora llevada a cabo en el seno de la gran empresa. Así, el empresario se ve reemplazado por “funcionarios de la innovación” y de esta manera el proceso innovador se sistematiza y toma pautas estables.

La percepción de este nuevo estado de cosas resulta importante al analizar la aportación schumpeteriana, porque el autor desarrolló de hecho dos modelos diferentes acerca del cambio técnico. El primero hace partir la innovación de inventos exógenos a las empresas y a las estructuras de mercado existentes, con lo que se tendría que si bien la innovación es endógena a motivaciones económicas, la invención, por contra, no lo es. El segundo, en cambio, endogeneiza la actividad científica y técnica en el seno de las grandes empresas. En este segundo modelo, por consiguiente, tanto la invención como la innovación son generadas por fuerzas económicas en el seno de la gran corporación capitalista. La primer visión se expondría en la *Teoría del desarrollo económico*, la segunda en *Capitalismo...* (vid. Freeman et al. (1985), pág. 64 y ss. y Rosenberg (1994b), pág. 58). Lo que explica el cambio en el enfoque schumpeteriano es precisamente las modificaciones experimentadas por el capitalismo entre la etapa anterior a la Primera Guerra Mundial y los años cuarenta.

En esta tendencia hacia la burocratización de la función innovadora en la gran empresa, el autor percibe lo que puede llevar al fin del capitalismo mismo como sistema. Al destruirse ciertos elementos sociales y ciertas instituciones económicas esenciales que juegan un papel protector del capitalismo, éste puede experimentar un peligro real de extinción (Vegara (1989d), pág. 160). Aquí, y un poco al igual que le sucediera a Marx, el gran teórico no fue igualmente un gran clarividente. A casi sesenta años de esas predicciones, el capitalismo parece mostrar un aceptable estado de salud, si bien para llegar a esta situación ha tenido que adaptarse y abandonar ciertas características que mostró en fases históricas precedentes. Como cualquier producto social, el capitalismo está destinado a ser sustituido por otros modos de producción, pero no parece posible que ese cambio pueda ser vislumbrado por las presentes e inmediatamente futuras generaciones. En todo caso, el tratamiento de este complejo tema excede las pretensiones y los objetivos del presente trabajo.

## Capítulo cinco. Introducción al evolucionismo.

### 1. Introducción

En este capítulo se ofrecerá un resumen muy sucinto de las principales características del *evolucionismo* o *economía evolutiva* que, junto con el neoclasicismo, es una de las grandes teorías económicas que estudian el cambio técnico.

El objetivo de este capítulo no pretende presentar un resumen de todas sus aportaciones, puesto que eso constituiría una tarea ingente y que excede los propósitos de esta obra. Por otra parte, algunas de las aportaciones evolucionistas más significativas ya quedan recogidas en los capítulos temáticos de esta obra --por ejemplo, véase el capítulo de teorías de la difusión--. Más bien, se trata aquí de perfilar los fundamentos y las líneas principales que subyacen a la misma.

Una exposición amplia de esta doctrina, y que incluye diversos modelos formales junto con simulaciones empíricas, puede encontrarse en Nelson (1987). Este trabajo resume las aportaciones de lo que sigue siendo la referencia evolucionista más mencionada, Nelson y Winter (1982). No obstante, dentro del evolucionismo existen diversas aproximaciones y diversos enfoques. Una descripción general del movimiento puede hallarse en López y Valdaliso (1997)<sup>53</sup>.

### 2. Caracterización general del evolucionismo<sup>54</sup>

Se podría señalar que el evolucionismo es una teoría muy influida por el pensamiento de Schumpeter. Esta teoría analiza la conducta de los agentes económicos ante la innovación, sea a nivel microeconómico como desde una perspectiva más agregada, de una forma que presenta analogías con las ciencias de la vida y especialmente con la teoría de la evolución, de la que toma el nombre. En efecto, un agente económico opera en un medio o entorno del que recibe influencias y que hace que el agente evolucione y se adapte para conseguir mejores resultados. Asimismo, los agentes también pueden modificar o alterar su entorno.

En un momento determinado del tiempo, todo sistema puede describirse en función de su estado. Para ver cómo cambia ese sistema, se debe conocer cómo lo hacen las variables que determinan ese estado. El cambio de un sistema puede explicarse como la secuencia en que van surgiendo los nuevos estados de dicho sistema. La economía del cambio técnico se ha planteado este problema del cambio en el sistema de dos formas principales: el neoclasicismo y la economía

---

<sup>53</sup> Sobre las diversas aportaciones concretas de esta escuela, puede consultarse cualquier manual teórico de economía del cambio técnico, como Hall (1994).

<sup>54</sup> Sigo en este epígrafe la referencia citada en la nota anterior, págs. 7 y ss.

evolutiva. La segunda de estas visiones es muy joven aún, *emergiendo como un corpus coherente de ideas sólo en las últimas dos décadas* (Metcalf (1995), pág. 410) y no ha desarrollado aún el nivel de madurez formal propio del neoclasicismo, escuela de pensamiento más que centenaria.

El neoclasicismo considera que el cambio en el estado del sistema se puede explicar a partir de leyes naturales que son externas a dicho sistema. El sistema cambia de acuerdo a esas leyes. Ésta es una explicación que se puede llamar mecanicista o fisicista, puesto que tal concepción proviene de la física, siendo la física newtoniana --o, más concretamente, la mecánica newtoniana-- su manifestación más célebre y depurada científicamente. Las leyes que rigen el sistema son intemporales o ahistóricas, en el sentido de que operan en todo momento. Otra característica propia de esta visión es que todas las unidades de análisis son esencialmente iguales, con lo que se puede estudiar el sistema a partir de un individuo representativo, sea la empresa, el individuo o la familia. La economía en su conjunto será entonces la suma de esos individuos representativos. El concepto de equilibrio resulta esencial en esta forma de entender los problemas planteados. En efecto, la actividad económica --como la naturaleza física-- tiende al equilibrio, que se supone estable en tanto no cambian las circunstancias. Cuando éstas se ven modificadas, el sistema reacciona en pos de un nuevo equilibrio. Una de las formas de estudiar los cambios en alguna variable económica coherente con este marco analítico es la estática comparativa, que, como su nombre indica, compara las condiciones vigentes en dos equilibrios para obtener información sobre el comportamiento de esa variable.

Esta visión neoclásica de la economía no se ciñe por supuesto al cambio técnico, sino que subyace a todos los campos de análisis que son contemplados por dicha escuela.

Resulta de interés comparar las bases de que parte el neoclasicismo estilizado que se acaba de exponer con las propias de ciertas visiones clásicas y del marxismo. Estas últimas escuelas no compartirían la intemporalidad de las leyes que regulan el sistema ni el individualismo metodológico --en su lugar, el foco del análisis es una unidad "social" o colectiva, la clase--, pero sí la idea de que los sistemas obedecen a leyes externas a los individuos --éstos no las pueden controlar ni modificar a título individual--. A diferencia de lo que sucede en la visión fisicista, las leyes sí varían en el tiempo --puesto que son un producto social-- y precisamente el objeto de la economía --como el de la historiografía-- es decantar dichas leyes y los motivos que explican su cambio para explicar las consecuencias que sean capaces de producir y para poder modificar las condiciones sociales y económicas existentes (objetivo esencial del marxismo).

La economía evolutiva o evolucionismo, por su parte, toma su visión del problema de las ciencias biológicas y percibe el cambio en el sistema como generado por fuerzas que actúan dentro del propio sistema. Para el evolucionismo una idea central es que todos los miembros de una determinada población son diferentes. Esta diversidad de los individuos se considera una de

las razones básicas por las cuales los sistemas cambian. No hay leyes inmutables externas que expliquen el cambio del sistema. Los evolucionistas se preocupan de explicar por qué los estados observados han llegado a producirse y cómo éstos darán lugar a otros a partir de fuerzas creativas y no de principios generales de origen desconocido. No hay pues dos empresas iguales y sus productos son también diferentes. Mucha de esta diversidad surge de la innovación, que puede ser deliberada o casual.

Debe quedar muy claro, no obstante, que el evolucionismo no es un mero aplicar conceptos y técnicas provenientes de la biología al estudio de asuntos económicos. Afirmar que el cambio técnico es un proceso evolutivo, como señala Nelson, *no significa tomar ciegamente ideas y modelos de la biología... el cambio social, económico y técnico debe ser comprendido en sus propios términos. Así, por una teoría evolucionista (o evolutiva) se quiere significar la inclusión de una clase relativamente amplia de modelos de cambio, de la que la teoría evolucionista (o evolutiva) en biología constituye un caso especial, y una teoría evolucionista (o evolutiva) del cambio técnico constituye otro caso especial* (Nelson (1987), pág. 12. Los paréntesis son míos).

Otro principio de la economía evolutiva es la importancia que se concede a la historia. Es decir, cada estado depende, al menos parcialmente, de lo acontecido en el anterior e influye en el siguiente. Por eso, se dice que los sistemas son dependientes de una ruta o una trayectoria. No es que no existan leyes de funcionamiento del sistema --esto equivaldría al caos y a la irracionalidad de los sistemas, con lo que ningún tipo de ciencia podría existir--, sino que éstas no son absolutas y no son aplicables con exactitud a casos concretos. Las formas preexistentes, en virtud de desarrollos y adaptaciones, marcan las futuras. Si el enfoque mecanicista es determinista, el evolutivo es probabilístico. Así, la aleatoriedad y la impredecibilidad son características inherentes al mismo.

El proceso evolucionista darwiniano puede venir representado por tres principios: variación, herencia y selección.

La variación alude al hecho de que cada miembro de una población es diferente: en términos económicos, cada empresa, aun en un mismo sector o territorio, por ejemplo, es diferente de las demás, tanto en términos de eficiencia, como en organización o en cualquier otra variable que se escoja.

La herencia supone la existencia de mecanismos de copia por los cuales las especies retienen una estabilidad en sus formas para períodos dilatados de tiempo. En términos económicos la herencia se puede asimilar al hecho de que cada generación trasmite, por ejemplo, su tecnología, educación, etc. a la siguiente. Lo mismo sucede con las formas de organización en la empresa.

La selección hace referencia a que algunas formas son capaces de reproducirse y sobrevivir mejor que otras y se convierten en dominantes. La selección es la reproducción

diferencial de individuos que únicamente difieren en su superioridad adaptativa. La selección da forma a la dirección del cambio.

La variedad asegura que se produce el proceso de selección y la herencia introduce una inercia en el sistema que permite que las formas puedan realizar su actividad. La herencia permite que las características que permiten vivir más y reproducirse mejor a los individuos puedan convertirse en dominantes dentro de la población. Por otra parte, si el medio cambia, las características que permiten un éxito mayor en la competencia por los recursos cambian a su vez y las especies se adaptan.

Ahora bien, en los sistemas sociales sucede que muchas veces hay un componente intencional que no existe en los biológicos: los agentes pueden realizar actividades orientadas hacia un fin. Así, los mecanismos de selección deben ser ampliados para recoger la actividad de búsqueda o aprendizaje dirigidas a realizar una determinada innovación (vid. al respecto Nelson (1987), pág. 14).

Algunos autores evolucionistas en el campo de la economía han recuperado el concepto de los mecanismos evolucionistas lamarckianos, que en biología están hoy día desacreditados. Estos mecanismos hacen referencia a la herencia de las características adquiridas. En términos tecnológicos, la tecnología que se usa hoy tiene mucho en común con la utilizada en el pasado inmediato. Si la tecnología es un conjunto de ideas que sirven para resolver problemas de producción, éstas dependen mucho de lo que se ha aprendido en el pasado. El conocimiento tecnológico es acumulativo. En esta visión subyace el peso otorgado a la historia dentro de la economía evolutiva, como ha sido indicado más arriba.

No obstante, la economía presenta otras diferencias con respecto a los procesos biológicos. Éstos poseen un comportamiento asaz gradual, más que milenario. Los económicos, en cambio, presentan junto al comportamiento gradual un perfil "radical" que marca momentos discontinuos de un impacto muy grande. Por eso se habla de un equilibrio a intervalos, además del equilibrio gradual. El influjo de Schumpeter es palpable en este sentido. Así, mientras que el gradualismo enfatiza el potencial para un alto grado de adaptabilidad, dado un tiempo suficiente para una serie de pequeñas mejoras que llevan a ajustes óptimos, el equilibrio discontinuo, por su parte, hace hincapié en amplios cambios que ocurren rápidamente en períodos revolucionarios y que determinan unas reglas de crecimiento según las cuales el sistema va a funcionar durante un periodo prolongado de tiempo.

En consecuencia, los dos procesos --los cambios graduales y los cambios radicales-- se pueden contemplar de forma complementaria. En López (1997), págs. 90-91, se relaciona el gradualismo con la visión de J. Wolf, mientras que el énfasis en los cambios radicales se vincula con la aportación de Schumpeter, insistiéndose en la complementariedad de ambas visiones.

Wolf, ya en 1912, formuló la *ley del límite del desarrollo tecnoeconómico*<sup>55</sup>, ley que señala que la tecnología presenta rendimientos decrecientes. En efecto, a medida que la vida de una tecnología se alarga y adquiere un mayor grado de madurez mediante cambios y adaptaciones graduales, las tasas de crecimiento de la productividad que esa tecnología permite se reducen. Como afirma López --op. cit. pág. 90-- *la visión de Wolf actúa a corto plazo, y explica los ciclos de vida de productos y procesos, e incluso de tecnologías concretas. Se trata de la microevolución que es adaptativa, parcialmente reversible, gradualista y finalista.* Por contra, la visión de Schumpeter *funciona a medio y largo plazo, y esclarece cómo una innovación cambia cualitativamente y de manera superior los productos y procesos de una serie de tecnologías y técnicas. Se trata de la macroevolución que es irreversible, aleatoria y episódica* --*ibidem*, págs. 90-91--.

Se podría recapitular esta sección con las cinco características fundamentales de la economía evolutiva que se subrayan en López y Valdaliso (1997), págs. 27 y ss.:

1. Los evolucionistas rechazan la concepción de la tecnología como un artefacto y un bien público y la interpretan como conocimiento específico que incluye la información --esto sí sería un bien público-- y el modo de hacer las cosas.

2. La empresa es la unidad de estudio, el lugar donde se produce la innovación y el cambio tecnológico. Se parte de las regularidades empíricas --hechos estilizados-- y se rechaza el concepto neoclásico de empresa representativa.

3. El evolucionismo rechaza las interpretaciones de la tecnología como variable determinista, exógena y/o dirigida por la demanda.

4. Se subraya la diversidad como rasgo estructural, en línea con lo señalado anteriormente.

5. Se intenta construir una teoría del cambio económico y del comercio internacional a partir de las diferencias en la capacidad tecnológica de los países. Aunque debe reconocerse que, por su parte, algunos autores neoclásicos modernos, como Krugman, también han hecho hincapié en la relevancia de la tecnología como factor clave de la competitividad internacional de las economías nacionales y regionales. Se volverá sobre esto en un capítulo posterior y específico de este trabajo.

Una de las aportaciones más conocidas del pensamiento evolucionista son los conceptos de *paradigma tecnológico* y *trayectoria tecnológica*, que constituyen un marco de análisis que permite conjugar las innovaciones mayores y las adaptativas, en la línea de lo expuesto más arriba. A precisar esos conceptos dedico el siguiente epígrafe de este capítulo.

---

<sup>55</sup> Para una mayor profundización en dicha ley puede consultarse la obra citada, págs. 86 y ss.

### 3. El concepto de paradigma tecnológico y de trayectoria tecnológica

Algunos autores evolucionistas, como G. Dosi, D. Sahal o C. Freeman, han desarrollado estos dos conceptos que se repiten asiduamente en la literatura económica evolucionista sobre el cambio tecnológico: el de paradigma tecnológico y el de trayectoria tecnológica.

Para estos autores, los agentes que realizan actividades tecnológicas están sujetos a los paradigmas y a las trayectorias tecnológicos. Concretamente, es Dosi el autor más vinculado a ambos conceptos. Sahal, por su parte, les llama *postes-guía* y *avenidas tecnológicas*, respectivamente, pero los conceptos son similares. Los analizamos separadamente.

#### 3.1. Los paradigmas tecnológicos

Este concepto --derivado del de paradigma científico, que fue acuñado por el filósofo de la ciencia Kuhn-- se puede definir como la pauta de soluciones a problemas tecnoeconómicos específicos, y que están basadas en principios derivados de las ciencias naturales y en reglas específicas destinadas a la adquisición de nuevos conocimientos y a su salvaguarda de una rápida difusión a los competidores<sup>56</sup>.

Todo paradigma tecnológico posee varios componentes. De un lado el conjunto de conocimientos previos de los que se debe partir. De otro, una parte "heurística", dirigida a resolver cuestiones acerca de cómo y hacia dónde orientar la investigación, esto es, la intuición sobre la forma de afrontar un problema. Asimismo el paradigma incorpora tanto los logros tecnológicos, en forma de productos y procesos de producción, como las bases teóricas, político-jurídicas y económicas sobre las que se asentará cualquier modelo posterior. Como señala López, *el paradigma es la innovación material radical y el modelo de referencia conceptual que ésta supone para los proyectos e innovaciones futuras* (López (1997), pág. 86). Puede apreciarse, pues, que el paradigma es más amplio que la simple innovación radical a la Schumpeter, ya que si bien incorpora este concepto material de innovación, le añade elementos intangibles, conceptuales.

El paradigma tecnológico define los problemas cruciales que deben ser resueltos y las herramientas para hacerlo. El paradigma es el resultado de un proceso complejo de selección donde ciencia y tecnología ofrecen oportunidades iniciales y las fuerzas económicas y las instituciones --entendidas en sentido amplio-- ejercen un papel selectivo.

Veamos un ejemplo de paradigma aplicado al motor de explosión. El paradigma del motor de explosión es el concepto de dicho motor, que consta de unos principios científicos y tecnológicos procedentes de la física, la química, etc. y de los medios y tareas con que se realiza la producción de ese bien, etc. La materialización del "motor de explosión" son un número muy

---

<sup>56</sup> Véase sobre estas cuestiones la revisión que se hace en Metcalfe (1995), págs. 459 y ss.

grande de aparatos, unos con tales características, otros con otras, con ciertas mejoras añadidas a modelos base, etc. No obstante, el diseño básico del motor de explosión será el mismo mientras continúen siendo idénticos los grandes principios teóricos provenientes de las citadas disciplinas, que son los que rigen la existencia y el funcionamiento del motor. Si los principios teóricos cambiasen, nos hallaríamos ya ante un nuevo paradigma de otro ingenio diferente, con sus propias repercusiones tecnológicas, económicas, etc.

### **3.2. Las trayectorias tecnológicas**

Este concepto está relacionado con el anterior. En la medida que los paradigmas determinan las elecciones económicas y tecnológicas, éstas van dando forma a las trayectorias tecnológicas.

Una definición de la trayectoria tecnológica hace de la misma el proceso acumulativo e irreversible cuyo origen se da dentro del paradigma tecnológico y su desarrollo se produce a lo largo de un progreso técnico normal. Es la forma en la que evoluciona el cambio técnico, mientras se van ofreciendo respuestas a los problemas planteados por el paradigma existente. Una trayectoria tecnológica está formada tanto por innovaciones mayores --de las que parte-- como por las sucesivas mejoras incrementales.

La selección y el peso que imprime la historia en las decisiones tecnológicas, básicos ambos conceptos en la visión evolucionista, se relacionan con la trayectoria tecnológica. En efecto, los innovadores o los imitadores no investigan todas las variaciones posibles de una innovación, sino que los pasos siguientes dependen de los anteriores y del paradigma vigente (historia). Las “mutaciones” o innovaciones menores de una tecnología son fruto de la exploración de variaciones siguiendo sendas que previamente han demostrado su utilidad y que se acaban imponiendo cuando presentan determinadas ventajas (selección), que pueden ser en ocasiones fruto del azar, como una más pronta adopción por ciertas empresas --véase el capítulo relativo a la difusión de innovaciones--.

Cuando se produce un cambio en el paradigma tecnológico, acontece una revolución tecnológica. A partir de ahí y a lo largo de la trayectoria, por contra, los cambios suelen ser incrementales y existe una continuidad en la tecnología. Debe notarse que la evolución de una trayectoria tecnológica tiene mucho que ver con el proceso de difusión y la adaptación de la tecnología que cada empresa realiza para adecuarla a sus propias necesidades.

Para concluir ya, y en relación con los conceptos que se están exponiendo en este epígrafe, Nelson y Winter desarrollaron por su parte el concepto de *régimen tecnológico*, semejante al de paradigma tecnológico, constituido por las creencias de los técnicos acerca de lo que es factible o que puede conseguirse. Ambos autores acuñaron asimismo el concepto de

*trayectorias naturales del progreso técnico*, del que deriva el dosiano de trayectorias tecnológicas. Las trayectorias naturales serían el resultado de lo que esas creencias van constituyendo.

*Sección tercera: la generación y difusión del cambio tecnológico*

## Capítulo seis. Orígenes y determinantes del cambio técnico.

### 1. Introducción

El presente capítulo pretende discutir acerca de los factores que propician el cambio técnico. Para articular estos contenidos partiré del modelo lineal derivado de Schumpeter, algunos de cuyos contenidos serán criticados, y a partir de aquí se incidirá en el papel que sobre el cambio técnico desempeñan la ciencia, la demanda, etc.

### 2. El modelo lineal de cambio técnico y algunas críticas al mismo

El esbozo del modelo lineal de cambio técnico fue realizado en el primer capítulo de este trabajo, por lo que no insistiré en la definición de las diversas etapas que conforman dicho modelo. Según él, como allí se dijo, el cambio técnico sigue una secuencia de actividades o de resultados que podría caracterizarse, por actividades, de esta forma:

Investigación básica → Investigación aplicada → Desarrollo → Fabricación industrial → Comercialización y ventas;

o bien, si atendemos a los resultados, por la siguiente:

Invención → Innovación → Difusión.

Al segundo de dichos esquemas se le suele llamar la trilogía schumpeteriana, puesto que los conceptos y el propio modelo lineal derivan del pensamiento de J. A. Schumpeter. Cuando nos referimos a *modelo lineal* nos referimos, pues, a cualquiera de las dos relaciones anteriores, que no dejan de ser la misma cosa sólo que vistas desde puntos de vista diferentes.

El modelo lineal es un proceso unidireccional que sigue el orden indicado y que consume una determinada cantidad de tiempo --grande en términos generales-- entre una fase y la siguiente, siendo habitualmente la de difusión la más dilatada. Asimismo, esta visión del cambio técnico tiende a separar cada una de las etapas de las demás, considerándolas autónomas.

Según este modelo el cambio tecnológico es básicamente un proceso que está regido por el conocimiento científico básico, aunque éste quede al margen del análisis económico, que es el que impulsa a su vez el conocimiento tecnológico y de ahí acaban derivándose productos concretos que se dan en el mercado, esto es, las innovaciones. Por eso, a las visiones inspiradas

en esta forma de ver el proceso tecnológicos se las llama del empuje tecnológico (*technology-push*) o de empuje científico (*science-push*). También se le denomina enfoque de oferta, puesto que es la oferta de conocimiento científico y tecnológico la que impulsa todo el proceso, imprimiéndole una determinada velocidad y alcance.

Como ha señalado W.E. Steinmueller, el modelo lineal puede contemplarse bajo una triple óptica, cada una de las cuales incurre en una debilidad (vid. Steinmueller (1994), págs. 54 y 55):

a) En primer lugar, este modelo es un marco para diferenciar los procesos de creación de conocimiento de acuerdo a sus fines comerciales: así, se distingue entre investigación básica, aplicada, en desarrollo, etc. Sin embargo, esta visión que propone el modelo lineal desvía la atención de los determinantes económicos y sociales de la actividad de investigación científica.

b) En segundo lugar, el modelo lineal es una teoría de la producción de conocimiento: cada nivel produce unos *outputs* que son a su vez *inputs* para la etapa siguiente. El proceso, además, es unidireccional porque las últimas etapas no proporcionan *inputs* para las anteriores. El problema asociado a esta visión es que el modelo lineal ignora el papel de la tecnología a la hora de dar forma a los fines, métodos y productividad de la ciencia y desdeña los orígenes no científicos de muchos desarrollos tecnológicos.

c) Por último, el modelo lineal es una teoría epistemológica. En efecto, según aquél el conocimiento tiende a irse adaptando y particularizando de una etapa a otra, de una forma deductiva: de lo general se va a lo particular. Se adaptan principios generales y universales a utilizaciones y fines específicos. No obstante, el modelo lineal crea distinciones que un examen más detallado de la actividad científica y tecnológica desmentiría.

No obstante, pese a las anteriores críticas, Steinmueller concluye que no debería descalificarse al modelo lineal, pues no deja de ser una herramienta muy útil, que simplifica el conocimiento de lo que pretende estudiar, y consolidada, mientras que las teorías alternativas están en una etapa temprana de desarrollo<sup>57</sup> y frecuentemente han sido desarrolladas para cuestionar determinados aspectos del modelo.

Por otra parte, se aduce que el modelo lineal es el fundamento de los actuales métodos para la recopilación de información estadística sobre las actividades de investigación, para organizar la investigación económica de los beneficios sociales de la investigación científica y para explicar el papel de la ciencia en la innovación industrial.

Pero el modelo lineal no es sólo una caracterización general o abstracta del proceso del cambio tecnológico, sino que también puede aplicarse a la actuación de la empresa innovadora concreta. Según dicho modelo, la empresa normalmente partiría de un conjunto de conocimientos científicos y técnicos, realizaría determinadas actividades de investigación aplicada y en desarrollo

---

<sup>57</sup> Como se señala en Hall (1994), pág. 23, *los marcos contemporáneos para el análisis de la innovación intentan responder a este desafío, pero hasta ahora no ha surgido ningún mapa del proceso completo que concite el asentimiento general.*

y eso acabaría plasmándose en determinados nuevos productos que se colocarían en el mercado o en nuevos procesos que le permitirían determinadas ventajas sobre los preexistentes.

Como es lógico, cada empresa, en función de su dimensión, sector de actividad, etc. partiría de un determinado eslabón de la cadena:

Investigación básica → Investigación aplicada → Desarrollo → Fabricación industrial → Comercialización y ventas

para acabar en las ventas. Por ejemplo, habría determinadas empresas que empezarían realizando investigación aplicada más o menos costosa o complicada e incluso algunas también podrían generar investigación básica. Lo normal, empero, es que se parta de las formas aplicadas de la investigación.

El modelo lineal, así, presupone una determinada división del trabajo innovador, asignando general aunque no exclusivamente a la empresa las partes finales del proceso, dejando las primeras para el estado, los centros de investigación, las universidades, etc.

El modelo lineal ha sido ampliamente censurado por diversas razones. Además de las críticas apuntadas por Steinmueller, otras han incidido en que sesga el análisis del cambio técnico hacia las innovaciones radicales.

Así, se le ha criticado el hecho de que pueda ser válido --y de hecho lo sea-- para las grandes innovaciones, las radicales, pero que ignora el impacto de las pequeñas mejoras incrementales que actúan una a una de forma modesta, pero que acumulativamente pueden tener tanta o más importancia que las radicales.

Rosenberg señaló en un trabajo fundamental<sup>58</sup> que el estudio de la repercusiones económicas del hecho tecnológico estaba sesgado por un prejuicio contra el reconocimiento de la gran importancia económica de muchas formas de conocimiento valioso, que resultan intrínsecas a las actividades tecnológicas. Estas formas tradicionalmente subvaloradas eran precisamente las vinculadas a las mejoras pequeñas o incrementales. Así, al economista le preocuparían los grandes avances en el conocimiento científico, mientras que desdeñaría el tecnológico o industrial, por demasiado específico y particularista<sup>59</sup>. Precisaba además el autor que *la justificación analítica de la noción de variaciones claras en funciones de producción bien definidas*

---

<sup>58</sup> El recogido en la bibliografía como Rosenberg (1979h). Gracias precisamente a este trabajo y a algunas otras aportaciones en esa línea, el panorama ha cambiado y los prejuicios que señalaba el autor han dejado de poseer la importancia que se les otorgaba cuando Rosenberg escribía estas cosas (años sesenta). Sin embargo, voy a dedicarles unas líneas no tanto porque hoy haya que seguir insistiendo en la relevancia de las innovaciones incrementales, cuanto porque constituyen la base de la crítica del modelo lineal simple basado en Schumpeter.

<sup>59</sup> En la página 90 de la obra citada en la nota anterior se puede ver un resumen más detallado de esto mismo junto con algunas de sus repercusiones para la comprensión de los procesos de cambio técnico.

*parece ser la de que algunos avances sensacionales en los conocimientos científicos traen con ellos nuevos y completos campos de combinaciones de factor más eficientes para producir una mercancía* (op. cit. pág. 78).

Rosenberg indicó que la influencia schumpeteriana no había sido ajena a este estado de cosas. En efecto, nuestro autor recordaba, citando al propio Schumpeter (ibíd. nota siete, pág. 334), que el sistema de éste había sido diseñado para las innovaciones radicales, y que la influencia que había ejercido sobre los estudiosos del cambio técnico había sido lo suficientemente importante como para omitir el análisis explícito de las mejoras de productividad que dimanaban de innovaciones no radicales.

El modelo de Schumpeter resaltaba la naturaleza discontinua de la actividad innovadora, pues el agrupamiento de innovaciones estaba en el centro de su teoría del ciclo económico. Separó de una forma terminante el fenómeno de la invención y el de la innovación (ibíd. pág. 79), otorgando relevancia económica al segundo y, en consecuencia, centrando la atención en él. Así, la actividad inventiva permaneció como un factor exógeno fuera de su estudio.

Una de las tareas realizadas por el empresario era seleccionar entre estas invenciones y a partir de ahí se introducía una nueva función de producción. Si acababa teniendo éxito se producía crecimiento e inestabilidad, porque lo que caracteriza al capitalismo como sistema es la *destrucción creativa* y, por tanto, su componente de incertidumbre e inestabilidad<sup>60</sup>.

El proceso de invención, pues, con sus precisas características, no era analizado en sí mismo. Es importante sólo en la medida en que lo son sus consecuencias, pero no por él. Las invenciones entraban en escena completamente desarrolladas, sin constituir cuestión relevante su proceso de desarrollo y las mejoras o modificaciones subsiguientes al invento.

Así, el que la invención sea considerada un fenómeno de tipo meramente técnico y la innovación (y la difusión), uno económico, con la separación rígida entre ambas esferas, este proceder metodológico, decimos, impide utilizar los factores tecnológicos para ampliar la comprensión de los fenómenos de innovación y difusión. Y, como señala Rosenberg (op. cit. pág. 80), los factores tecnológicos pueden ofrecer tres importantes aportaciones que este enfoque oculta por sus mismas características:

- a) los factores tecnológicos contribuyen a la regulación del tiempo de las innovaciones;
- b) ligan las innovaciones específicas con el crecimiento resultante en la productividad de los factores;
- c) influyen en la velocidad y dirección de difusión de las innovaciones a través de la economía.

---

<sup>60</sup> Todas estas cuestiones han quedado detalladas ya en el capítulo monográfico sobre Schumpeter de esta misma obra.

No son éstas, por supuesto, las únicas críticas que se realizan al modelo lineal. Éste parte del hecho de que es la ciencia básica la variable que determina el ritmo del proceso innovador y lo que está en el origen del cambio técnico, mientras que otras visiones sostienen que son otras las raíces del proceso, como, por ejemplo, las necesidades de la demanda. Las aquí perfiladas son críticas que cabe hacer al concepto mismo del modelo lineal, a sus propias insuficiencias, más que a las alternativas que puedan existir al mismo sobre el posible origen del cambio técnico. Más adelante insistiré sobre esta fundamental cuestión.

### *3. De la invención a la innovación: un problema añadido en el modelo lineal*

Por más que la separación que pueda existir entre los conceptos 'invención' e 'innovación' no sea tan rígida como se derivaría del planteamiento schumpeteriano, sí que pueden considerarse como dos procesos diferenciados, siquiera conceptualmente. Entonces, una vez establecido esto, cabe interrogarse acerca de cuáles son los determinantes que llevan de la primera a la segunda de estas etapas del proceso del cambio técnico. Y dentro de esto, especial hincapié merece la cuestión acerca de los plazos de tiempo que median entre invención e innovación.

Un trabajo pionero acerca de la cuestión es el de John Enos (1962), cuyos datos han sido utilizados en muchos trabajos posteriores. Enos presenta una tabla de 46 observaciones, once relacionadas con el refinado de petróleo y el resto con sectores variados, y en ella se ofrece el intervalo que media entre la invención y la innovación en cada una de esas 46 innovaciones<sup>61</sup>.

Enos llama 'invención' a la primera concepción del producto en su forma sustancialmente comercial, e 'innovación' a la primera aplicación comercial o venta. Cuando los conceptos se definen de esta forma, es frecuente considerar al periodo que transcurre entre invención e innovación como un retraso. De esta forma, puede estudiarse qué factores contribuyen a aumentar o disminuir el retraso y si en términos generales existe o no una tendencia sistemática a reducir el retraso a medida que pasa el tiempo.

No obstante, el criterio para la fijación de las fechas de la invención de Enos es profundamente ambiguo y omite tanto la posibilidad técnica del producto como la económica. Así, la duración del retraso incorpora diferencias en la complejidad de los problemas técnicos que deben resolverse para que la invención resulte comercialmente posible. En unos casos el criterio de 'invención' puede verificarse sin que sea posible producir efectivamente el producto en cuestión por razones meramente técnicas, mientras que en otros la dificultad técnica resulta inexistente.

---

<sup>61</sup> El trabajo de Enos no es el único, por supuesto. En Pampillón (1991), págs. 145 y ss. se reproducen cuatro tablas adicionales, provenientes de otros tantos estudios, que pretenden recoger lo mismo que el trabajo anteriormente citado.

Por otra parte, y más allá de la objeción anterior al criterio de Enos y a las repercusiones que conlleva para la significación del retraso, los procesos de invención e innovación están continuamente realizándose y mejorándose y resulta difícil y harto arbitrario en ocasiones escoger una fecha concreta para marcar el inicio de su existencia.

Adicionalmente conviene no descuidar el aspecto económico del problema. En efecto, el hecho de que un nuevo invento pueda ser viable técnicamente no significa que resulte económicamente superior a técnicas preexistentes. Es decir, que las comparaciones de los costes de la nueva tecnología con los de la/s antigua/s resultan la piedra de toque para comprender por qué puede darse que aquella --por más que resulte técnicamente factible-- no se imponga necesariamente a ésta/s, al menos durante un determinado período de tiempo. Esto se puede aplicar tanto a productos como a procesos.

Cuando esto se tiene en cuenta, carece de sentido considerar un "retraso" el hecho de que una nueva tecnología no sustituya a la anterior si la nueva resulta más costosa que la antigua. Al contrario, se trataría de un hecho de pura racionalidad económica. En relación con esto debe también advertirse que la realidad es más elástica que el modelo lineal. Una innovación, aunque triunfe, no suele provocar el abandono total de prácticas previas, sino uno de tipo parcial, selectivo.

Nótese que todo lo indicado hasta aquí es un problema diferente de aquéllos que tienen que ver con los obstáculos a la difusión de las nuevas tecnologías que provienen de factores relacionados con las características de los usuarios potenciales, de los problemas de información, de aspectos sociales y culturales de resistencia al cambio y que pueden explicar el retraso en la adopción de estas nuevas tecnologías.

#### *4. El proceso innovador: los diversos enfoques alternativos*

Hasta aquí se ha considerado solamente el proceso innovador descrito por el modelo lineal del cambio técnico. En esta sección se presentarán alternativas o complementos al mismo que se han desarrollado posteriormente. Igual que antes, estos modelos pueden aplicarse tanto a la explicación del proceso innovador en abstracto como a la actuación de la empresa concreta.

El primero de los enfoques que se erige en alternativa global al modelo lineal es el enfoque de la demanda. Éste niega que sea la "ciencia" la variable que explique fundamentalmente el proceso innovador. Postula que, al contrario de lo que pretende el modelo lineal, es la empresa la que detecta determinadas necesidades del mercado y a partir de ahí ésta pone en marcha el mecanismo que le permita producir un determinado bien que satisfaga dichas necesidades, con el objeto de obtener un resultado económico. Sumariamente, el proceso sería el siguiente:

Necesidad del mercado → Desarrollo → Manufactura → Ventas

A esta visión del cambio tecnológico se la suele denominar el enfoque del tirón de la demanda (*demand-pull*) y está claramente en línea con la aportación de Jacob Schmookler, a la que después me referiré. Nótese cómo en la presente caracterización del proceso tecnológico, éste adquiere características fundamentalmente económicas, con orígenes y motivaciones asimismo económicas.

Adviértase además que éste es, en rigor, un modelo tan lineal o secuencial como el “modelo lineal” ya estudiado, si bien tal expresión ha quedado reservada para el modelo de oferta o de empuje tecnológico.

Pero si el modelo de oferta presenta problemas, no menos los padece el de demanda. Básicamente, el mayor puede resumirse en el hecho de que ha tendido a interpretarse restrictivamente, en el sentido de que convierte el hecho tecnológico en algo exclusivamente económico, obviando los factores de otra naturaleza. Más abajo insistiré sobre las críticas a este modelo del tirón de la demanda.

Debido a las carencias que presentan los dos modelos presentados, surgieron con posterioridad otros que pretendían integrar en un solo esquema los innegables logros que presentan, cada uno por su lado, los de oferta y demanda.

A lo largo del tiempo, fundamentalmente a partir de la Segunda Guerra Mundial, han ido surgiendo determinados modelos que pretenden recoger las características esenciales del cambio tecnológico. Los más simples, pero también los que más fortuna han tenido en la literatura económica, hasta el punto de haberse convertido en convenciones de la disciplina, ya han sido mencionados. Las aproximaciones modernas tienden a complicar y a refinar la exposición y descripción del cambio técnico, si bien eso mismo les ha impedido convertirse en modelos incuestionados y de general aceptación. Estos modelos, por otra parte, tienden a ampliar o a refutar las características esenciales de los modelos básicos de oferta y de demanda.

Se han ensayado algunas tipologías o agrupaciones de este tipo de modelos siguiendo determinadas pautas. A modo de ejemplo, me detendré en una propuesta de esta índole que sigue un criterio temporal. En un trabajo de 1994, centrado en el ámbito de la empresa, Roy Rothwell realiza una clasificación de cinco tipos diferentes (o cinco *generaciones*) de concepción del proceso de innovación, puesto que *no sólo los elementos dominantes de las estrategias corporativas han variado en los últimos cuarenta años, sino que el modelo de innovación dominante y la práctica de la innovación lo han hecho también* (Rothwell (1994), pág. 40). No obstante, no debe entenderse que cada una de estas generaciones sucesivas haya enterrado a la anterior. En realidad, las cinco se dan en la actualidad de una forma u otra (ibídem, pág. 50). Estas cinco generaciones son las siguientes:

#### **i. Primera generación: el modelo del empuje tecnológico.**

Corresponde al modelo lineal ya comentado. Es un modelo secuencial, donde cada etapa se produce a continuación de la siguiente. Modelo dominante desde los cincuenta hasta finales de los sesenta.

#### **ii. Segunda generación: el modelo del tirón de la demanda.**

Ya comentado también. Igual que el anterior, es secuencial. Empieza a resultar dominante a finales de los sesenta, cuando se produce en el mundo empresarial un comportamiento crecientemente competitivo.

#### **iii. Tercera generación: el modelo mixto o conectado.**

Modelo que se empieza a considerar a partir de los setenta. Pretende unir los elementos de los dos anteriores (de ahí su nombre). Como puede advertirse, el objetivo de este tipo de aproximaciones es intentar captar los logros de los dos anteriores, sin desdeñar ni el papel de la ciencia ni el de la demanda como motores de la actividad inventiva e innovadora. Es asimismo un modelo secuencial, si bien incorpora la idea de que en el proceso innovador se producen continuamente realimentaciones, avances, retrocesos y continuos reajustes.

#### **iv. Cuarta generación: el modelo integrado.**

Es un modelo paralelo, donde las diversas actuaciones en el seno de la empresa se producen de forma integrada. Así, el marketing, la I+D, el desarrollo, la ingeniería de producción, etc. están continuamente interactuando. Este tipo de modelos surgen en los ochenta.

#### **v. Quinta generación: la integración de sistemas y el trabajo en red.**

Propio de los años noventa. Hace hincapié en las relaciones que se dan entre empresas diferentes (entre redes de empresas, de ahí el nombre) y en los aspectos de mejora en el procesado de la información en la empresa, así como en el carácter paralelo de la actividad innovadora dentro de la empresa. Rothwell ofrece un lista bastante exhaustiva de 24 características de la innovación en la actualidad y que están recogidas en este tipo de modelizaciones.

No debe olvidarse que esta clasificación en cinco generaciones es una clasificación relativamente nueva y desde luego no se puede considerar que todas ellas constituyan un lugar común en la literatura sobre el tema<sup>62</sup>, como ya se indicó *supra*. Sólo algunas generaciones, en este caso las tres primeras, pueden considerarse tales, razón por la que son las que aquí se

---

<sup>62</sup> Han sido propuestos bastantes marcos alternativos al modelo lineal para el análisis del proceso innovador, generales o más ceñidos a la empresa. Los que aparecen en la clasificación de Rothwell son una muestra representativa, pero hay muchos más. Véase al respecto, por ejemplo, Hall (1994), págs. 23 y ss.

comentan con más detalle. De hecho, la cuarta y quinta no son sino complicaciones --o mejoras-- de los modelos de la tercera, que a su vez implica la primera y segunda. Sucede también con este tipo de clasificaciones progresivamente más complicadas que lo que se gana en precisión se pierde en claridad.

El hecho de hacernos preguntas sobre los mecanismos que orientan la aparición del cambio tecnológico no es una mera cuestión de curiosidad científica. Aparte del hecho de ayudarnos a conocer y a comprender cómo funciona aquél, las repercusiones que se derivan del conocimiento de los factores que lo impulsan sirven asimismo para orientar la acción pública<sup>63</sup>. Así, si el cambio técnico proviene fundamentalmente de los avances en la ciencia pura y en los hallazgos de la investigación básica, lo más eficiente será que los recursos públicos se orienten hacia la promoción del conocimiento científico básico. Sin embargo, si es la demanda la que tira del carro tecnológico, no sería tan imprescindible el apoyo a la ciencia básica, por lo menos desde un punto de vista estrictamente económico, sino que convendría apoyar otro tipo de actuaciones: políticas de difusión tecnológica, de prospectiva, de información a las empresas, etc.

### *5. La demanda como motor del cambio técnico*

En esta sección se estudiará con mayor detalle el enfoque del *demand-pull* y también las insuficiencias de que esta visión adolece cuando se hace abstracción de otros factores que la complementen.

#### **5.1. La aportación pionera de Jacob Schmookler**

Ya se ha señalado que durante mucho tiempo, hasta la Segunda Guerra Mundial al menos, el cambio técnico y el conocimiento científico que le sirve de fundamento se consideraron como variables exógenas. Si bien es verdad que éstos ejercían un notable efecto o impacto sobre la actividad económica, sus causas o sus fuentes se consideraban ajenos a motivaciones económicas. El hecho científico y sus porqués no eran objeto de la economía. En esto coincidieron tanto el pensamiento neoclásico como Schumpeter<sup>64</sup>.

En suma, sólo las consecuencias del cambio técnico eran relevantes para el análisis, abstrayéndose éste de los factores que afectan al ritmo y a la dirección de la innovación, esto es, a sus raíces.

Sin embargo, a partir de la segunda mitad de los cuarenta y los cincuenta dos fueron los hechos que llevaron a los economistas a indagar sobre los aspectos económicos del hecho

---

<sup>63</sup> La política tecnológica será objeto exclusivo de futuros capítulos de esta obra, por lo que de momento sólo cito esto a modo de ilustración.

<sup>64</sup> Por lo menos el primer Schumpeter. Véase el capítulo respectivo de esta obra y la bibliografía ahí citada.

científico y tecnológico: la observación de que las empresas invirtieran cada vez más recursos en lo que ahora denominamos I+D con el fin de obtener rendimientos económicos; la preocupación por los determinantes del desarrollo económico ligadas a la Descolonización y a la Guerra Fría.

Uno de los trabajos más importantes que se produjeron en este nuevo ambiente fue la obra de Jacob Schmookler *Invention and Economic Growth*, publicada en 1966. En ella, su autor argumenta que tanto la difusión de las innovaciones como la pauta de la actividad inventiva se pueden explicar sobre bases económicas, puesto que son fenómenos de naturaleza esencialmente económica a los que se les puede aplicar el aparato analítico propio de la economía<sup>65</sup>. Para la exposición de los contenidos básicos de la obra de Schmookler me apoyaré en el magnífico resumen que se realiza en Rosenberg (1979c).

Quiero insistir en que el objetivo de este apartado no es tanto analizar los méritos y las deficiencias de la obra de Schmookler, sino más bien señalar la relevancia de su aportación a la hora de entender el hecho innovador como un proceso endógeno, ligado a variables económicas. Para un examen de algunos de los problemas asociados a su visión, véase la obra citada de Rosenberg, especialmente su sección III, páginas 290 y siguientes<sup>66</sup>. No obstante, en apartados posteriores de este capítulo abordaremos una crítica general a las visiones que otorgan una excesiva preponderancia a las cuestiones de demanda, ignorando los restantes determinantes.

Schmookler intentará relacionar la actividad inventiva con la estructura de las exigencias humanas y por ello con los cambios en la composición de la demanda, asociados a su vez con el incremento de las rentas per cápita y otros aspectos vinculados al crecimiento económico. Nótese que escribo actividad *inventiva* y no *innovadora*, pues la obra de Schmookler trata sobre la invención, no sobre las innovaciones que han tenido éxito comercial.

En su estudio de varios sectores norteamericanos, el autor intenta demostrar que los aspectos de demanda son el mayor determinante en las variaciones de la distribución del esfuerzo inventivo en sectores específicos. Al estudiar el ferrocarril, Schmookler encontró una gran correlación entre los incrementos en la compra de equipos para ferrocarril y sus componentes y los incrementos ligeramente retardados en la actividad inventiva medidos por las nuevas patentes del sector. Es decir, incrementos en la compra de equipos induce --de ahí el retraso-- variaciones en el esfuerzo inventivo. Algo parecido encuentra al estudiar el sector del refinado de petróleo y la construcción, si bien ahí los datos son menos satisfactorios.

Debe recalcar que la fuente estadística utilizada son las estadísticas de patentes. Es decir, que lo que le preocupa a Schmookler es la actividad inventiva, la producción de inventos, no

---

<sup>65</sup> Rosenberg ha apuntado que esta forma de ver las cosas también ha generado sus propios efectos contraproducentes, toda vez que se ha llegado a considerar que *todos* los aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología ahora pueden explicarse en clave económica, descuidando otras aproximaciones. Rosenberg (1979c), pág. 286.

<sup>66</sup> Adicionalmente puede consultarse un resumen de esto mismo en Vegara (1989b), págs. 48 y ss.

de innovaciones, como ya ha quedado dicho. Muchas patentes no se acaban convirtiendo en productos comercializables e incluso muchas innovaciones comerciales están sin patentar.

El autor también encuentra, para una gran diversidad de sectores, una alta correlación entre los inventos de bienes de capital para un sector y el volumen de ventas de bienes de capital a dicho sector. Así, los inventores ven en ese incremento de la demanda un incentivo a dirigir su atención a esos sectores específicos. Schmookler afirmará que un uno por ciento de incremento en la inversión --demanda de bienes de capital-- tiende a inducir un uno por ciento de incremento en el invento de bienes de capital.

Schmookler extiende asimismo su estudio a los bienes de consumo y sostiene igualmente que los cambios en la demanda del consumidor a lo largo del tiempo son los principales factores determinantes de las variaciones en la dirección del esfuerzo inventivo.

Para el autor, el papel de la ciencia y la tecnología está meramente subordinado a los aspectos de demanda ya señalados. Esto no significa que no sean importantes, sino que no son los más importantes. El incremento del conocimiento científico y tecnológico influye en las características de los inventos, en el cómo se van a realizar en la práctica<sup>67</sup>, pero los objetivos para los cuales se llevan a cabo esos inventos dependen de la situación de la demanda en el mercado, que es el factor del que dependen las expectativas de beneficios de inventores e innovadores.

Recapitulando, pues, los factores de demanda --a través de su influencia sobre el tamaño del mercado para determinadas clases de inventos-- son el determinante decisivo de la distribución del esfuerzo inventivo. Esta forma de ver las cosas hace de la actividad inventiva una actividad económica más, regida por leyes y por incentivos tan económicos como cualquier otra.

## **5.2. Los problemas asociados a las visiones de demanda**

El enfoque *demand-pull* se impuso a partir de la segunda mitad de los años setenta, tanto como opción teórica a la hora de explicar el cambio técnico, como en calidad de fuente de inspiración para la acción pública a la hora de diseñar la política en este ámbito. Muchos fueron los trabajos empíricos, a partir de la obra de Schmookler, que contribuyeron a reforzar este estado de cosas.

No obstante, en un trabajo publicado originalmente en 1979, Mowery y Rosenberg criticaron abiertamente esta visión exclusivista de la demanda como elemento determinante del cambio técnico --cf. Mowery y Rosenberg (1993)--.

---

<sup>67</sup> La oferta científica y tecnológica sería algo genérico, un conjunto de saberes del que se extraerían los conocimientos necesarios para realizar los inventos e innovaciones que el mercado demanda.

En él, los autores repasaron un conjunto de estudios de amplia difusión que pretendían haber demostrado que el empuje de la demanda constituía la principal explicación del cambio técnico. Y esta vez no sólo de los inventos, sino de las innovaciones con éxito en el mercado.

Los estudios que Mowery y Rosenberg utilizaron fueron<sup>68</sup>:

Myers y Marquis (1969);

Langrish et al. (1972);

El estudio Hindsigh del Departamento de Defensa de los EUA (1969);

Los estudios Traces y Battelle (1977);

Gibbons y Johnston (1974);

Carter y Williams (1957 y 1959);

Baker et al. (1967 y 1971);

Los estudios Sappho, Fip y Sappho-Fip (1974, 1976 y 1976).

Mowery y Rosenberg sostuvieron que los estudios tendían a definir *demanda* de una forma muy distinta en cada uno de esos trabajos, que asimismo el concepto de demanda utilizado era un concepto muy vago, a veces tan amplio como para abarcar todos los determinantes virtualmente posibles del proceso innovador, lo que excluía las otras influencias. Se concluía, en suma, que tales estudios en absoluto demostraban lo que pretendían haber demostrado.

Según nuestros autores, no es que la demanda no fuera importante, sino que su papel se había sobreestimado y malinterpretado, oscureciendo la comprensión del proceso innovador y contribuyendo a que no se formulase la política tecnológica idónea. Y proponían un tipo de enfoque que incluyera tanto los aspectos de demanda como los de oferta. Como ambos autores señalan (vid. Mowery y Rosenberg (1993), pág. 196):

Tanto el conocimiento subyacente y evolucionado, base de la ciencia y la tecnología, como la demanda del mercado, representan papeles centrales en la innovación de una forma interactiva [...]

Y proponían a continuación un programa de investigación para una posible teoría del cambio técnico que incluyera no sólo aspectos de oferta y demanda en un análisis estático, sino también la dinámica y la estructura institucional. Además, la teoría, según Mowery y Rosenberg, debía ir más allá de las motivaciones de las empresas individuales para ofrecer un análisis agregado, con el cual establecer comparaciones internacionales e intersectoriales.

---

<sup>68</sup> Por razones de brevedad no se entrará en la exposición de cada uno de estos trabajos. En Mowery y Rosenberg (1993), págs. 197 y ss. se trata con detalle cada uno de ellos.

Más allá de la ya citada dispersión en la definición de *demanda* que los estudios compulsados ofrecen, la crítica de Mowery y Rosenberg a los mismos parte de una idea esencial. Veamos sus palabras (o.c. pág. 228):

Para conservar su contenido analítico, la demanda del mercado debe distinguirse claramente del conjunto potencialmente ilimitado de las necesidades humanas. La demanda expresada y mediatizada por el mercado es un concepto preciso que denota una relación sistemática entre precios y cantidades, un concepto transmitido desde la constelación de preferencias y rentas de los consumidores. Para que se tomen en serio, las hipótesis del “tirón de la demanda” deben basarse por sí mismas en este concepto preciso y no en la noción bastante informe y fugaz de “necesidades”.

Cosa que dichos estudios no hacen según nuestros autores.

En suma, no se puede identificar automáticamente “demanda” con “necesidades” de los consumidores. Bastará poner un ejemplo para ver esto claro: siempre ha existido y existe la necesidad de hallar determinadas medicinas que curen diversas enfermedades y esas medicinas no se han hallado todavía para un buen número de aquéllas, por más que haya una necesidad que cubrir.

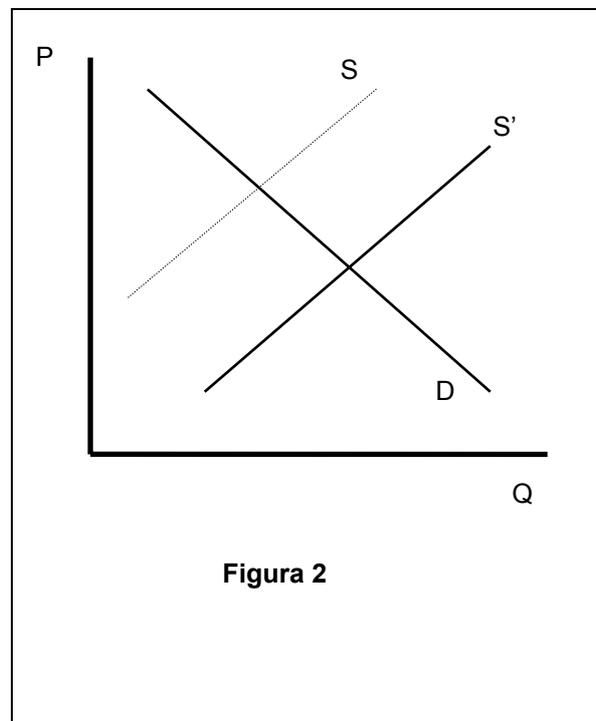
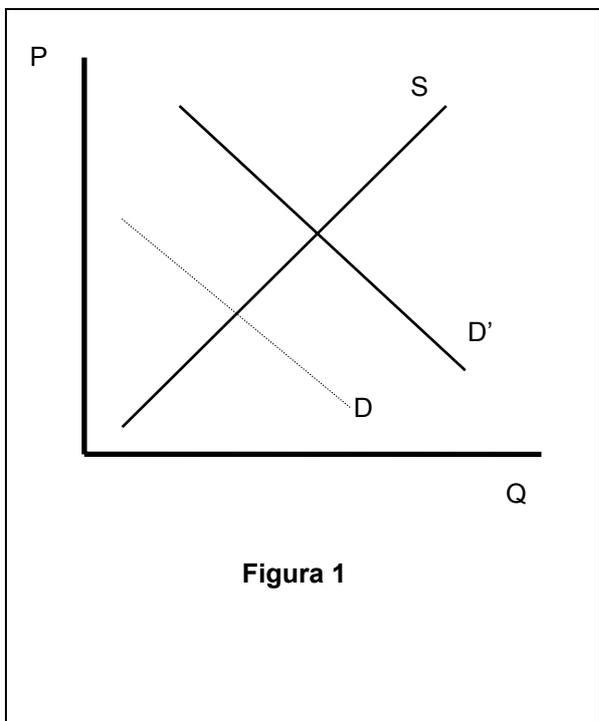
Otro problema que se sigue de dicha confusión entre necesidad y demanda es que no distingue entre motivaciones o influencias que se generan dentro de la unidad económica, la empresa --que tienen que ver con incrementos de producción o cambios en la tecnología de la producción--, y los externos a la empresa y que están mediatizados por el mercado.

Mowery y Rosenberg hacen notar que en los estudios considerados, el tirón de la demanda es tanto menos explicativo de la innovación cuanto más radical tiende a ser la misma. Y esto es fundamental, porque la explicación *demand-pull* parece que respondería a los casos de innovación menos relevantes.

Si se sostiene que son las fuerzas de la demanda las que promueven la innovación, habrá que demostrar que se ha producido un cambio en la curva de demanda (**figura 1**), esto es, que dicha curva se ha desplazado hacia arriba y hacia la derecha. Esto es una cosa diferente a un cambio a lo largo de la curva de demanda (**figura 2**), o cambio en la cantidad demandada. Este último movimiento se puede interpretar como el hecho de que una mejora tecnológica u otra fuente de reducción de costes permiten vender el producto a un precio inferior. Esto equivaldría a un aumento, a un desplazamiento hacia abajo y hacia la derecha de la curva de oferta que lleva a un nuevo equilibrio con mayor cantidad y menor precio en la misma curva de demanda.

Como se ve, estos cambios poseen significados completamente diferentes y debe distinguirse entre ellos. La hipótesis del *demand-pull* tendría que ver con el primer caso, esto es, con un efectivo desplazamiento de la demanda, no con el segundo. Y según Mowery y Rosenberg muchos de los antedichos estudios no distinguen entre ambos tipos de movimientos, lo que los

invalida, entre otras cosas, como trabajos que puedan demostrar irrefutablemente la primacía de los factores de demanda.



Asimismo, argumentar que la demanda de mercado basta para justificar la llegada de una innovación no es suficiente. ¿Por qué en un momento determinado y no antes o después?, máxime si las necesidades existían también en el pasado. El surgimiento de la innovación tendrá que ver con cambios tanto en las condiciones de la oferta como en las de la demanda. Y, desde luego, si la innovación es “de demanda”, debe demostrarse que los cambios en ésta han sido más decisivos que sus homólogos de oferta.

En relación con esto, muchas veces lo que sucede es que se producen cambios muy pequeños en las tecnologías de producción que alteran los costes potenciales de las diferentes líneas de actividad. Estos factores de oferta no se consideran en este tipo de trabajos, omitiendo una fuente poderosa de explicación del proceso innovador.

Mowery y Rosenberg insisten en que los fundamentos conceptuales del caso del “tirón de la demanda” son sospechosos. Y proponen una visión que complemente las de oferta y demanda. Señalan (ibídem, pág. 231):

En lugar de contemplar la existencia de una demanda de mercado o la existencia de una oportunidad tecnológica como representativas en cada caso de la condición suficiente para que una innovación tenga lugar, deberíamos considerarlas como necesarias, pero no suficientes, para que se dé la innovación; ambas deben darse simultáneamente.

El ejemplo anterior de las medicinas puede también aplicarse aquí en el sentido en que ahora se considera.

Además, no hay ninguna razón que nos obligue a pensar que los factores de demanda deben ser dominantes. De hecho, la empresa que busca obtener un resultado económico a través de la innovación aceptará cualquier cambio de medios que se le ofrezca, sin tener en cuenta de si se deriva de un cambio en la demanda del mercado, de un cambio en las condiciones de la oferta o de un avance técnico, etc. puesto que los estímulos son múltiples.

Otro problema vinculado a los enfoques del “tirón de la demanda” estriba en que con ellos no se puede comparar el funcionamiento de los sectores y de los países, lo cual es una limitación seria cuando interesa diseñar una determinada política tecnológica. No se podría responder a por qué se producen variaciones tan amplias en el funcionamiento de sectores industriales concretos respecto a las tasas observadas de innovación tecnológica y de crecimiento de la productividad.

Adicionalmente, estos enfoques podrían tal vez relacionar demanda en el mercado con inversión en I+D o estímulos a la innovación, pero no explicarían nada acerca de la tasa y dirección de las producciones efectivamente realizadas y que son las variables más interesantes.

Por otra parte, hay que añadir que los enfoques de demanda tienden a ignorar la incertidumbre en el proceso de innovación y su complejidad. En efecto, en condiciones de cambio rápido, no se puede conocer la demanda para una innovación potencial, y esto será así con tanta mayor intensidad cuanto más radical sea aquélla. Es importante destacar eso, porque la incertidumbre<sup>69</sup> y la complejidad no se manifiestan sólo en las condiciones de oferta, sino también en las de demanda. Esas dos características del entorno son absolutamente centrales y no pueden soslayarse.

En consecuencia, después de examinar toda esa literatura, Mowery y Rosenberg acababan concluyendo que la supuesta primacía de las fuerzas de la demanda en el proceso de innovación carece de bases empíricas solventes e irrefutables.

### **5.3. Hacia una solución integradora**

Una vez vistos algunos de los problemas asociados a los modelos de demanda, así como las insuficiencias del modelo “lineal”, se puede proponer un nuevo concepto del proceso innovador, un nuevo modelo analítico, que incluya tanto la oportunidad tecnológica como el papel de la demanda en el mercado.

Como ha quedado dicho, las visiones de la demanda, desde Schmookler, tuvieron el mérito de convertir en endógeno el cambio técnico o, al menos, de ligarlo a motivaciones de orden

---

<sup>69</sup> En Hall (1994), pág. 158, puede consultarse una tipología amplia, original de Freeman, de la incertidumbre asociada al proceso innovador.

económico, esto es, de costes, de ingresos y de beneficios. O de competitividad, como se diría desde hace unos años. Y esto es un mérito incontrovertible de estos trabajos. Pero, como también se ha recalcado, estas fuerzas y causas económicas por el lado de la demanda no han actuado en el vacío, sino dentro de ciertos límites y restricciones derivados del acervo científico y técnico disponible. Un acervo o fondo de conocimientos que a su vez varía a ritmos desiguales entre las disciplinas científicas, lo que a su vez genera la consecuencia de que en determinados sectores se produzcan cambios --inventos o innovaciones-- a distinta velocidad que en otros, dependiendo del tipo de conocimientos científicos o tecnológicos a ellos vinculados; así, la mecánica o la química o la electrónica, entendidas como ciencias, han observado diferentes ritmos en su avance científico y tecnológico, y consecuentemente un diferente ritmo de innovaciones en los sectores industriales relacionados con ellas (vid. Rosenberg (1979c), pág. 303).

De hecho, todo un conjunto de razones que tienen que ver con el estado preexistente de los conocimientos científicos; los niveles predominantes de las habilidades tecnológicas; la existencia o no de materias primas asequibles; los costes relativos o las variaciones de los costes relativos de los factores de producción; el que se den o no avances paralelos en actividades complementarias o incluso no relacionadas<sup>70</sup>, sin los cuales no podría llevarse a efecto una determinada innovación o a un coste prohibitivo, lo cual, en la práctica la imposibilita; todo un conjunto de razones como las citadas y otras más, decimos, inciden en la posibilidad de que se logre un determinado fin tecnológico y que las empresas tengan incentivos, recursos o posibilidades para llegar a él. Porque la cuestión relevante en términos económicos es si dado el estado de las ciencias, el coste del fin tecnológico es admisible o no. O, si se prefiere, cuál es la cuantía de dicho coste.

Y resulta evidente que los elementos arriba planteados escapan todos ellos a los aspectos de demanda del mercado (suponiendo que ésta se halle correctamente definida). Como señala Rosenberg, *la perspectiva que sugiero afirma que a medida que el conocimiento científico crece, el coste de la realización con éxito de cualquier invento dado basado en la ciencia desciende* (ibídem, 304). Lo cual, lejos de cualquier forma de determinismo tecnológico, no invalida, sino que matiza y complementa lo sostenido por las visiones de demanda.

Por tanto, en esta línea de hacer compatibles las dos hojas de las tijeras de Marshall, Kline y Rosenberg propusieron, algún tiempo después, un modelo al que denominaron “conectado en cadena” (*chain-linked*)<sup>71</sup>.

Este modelo incluye diversas secuencias posibles entre las siguientes etapas básicas:

---

<sup>70</sup> Y que podrían conceptuarse como externalidades positivas de una industria sobre otras.

<sup>71</sup> Kline y Rosenberg (1986). Véase un resumen de su planteamiento en Hall (1994), págs. 23 y ss. y en Vegara (1989b), págs. 55 y ss. Escribo “algún tiempo después” porque el trabajo de Mowery y Rosenberg se publicó originariamente en forma de artículo en 1979 y Rosenberg (1979c) no después de 1976, fecha de la aparición del original en inglés del libro recopilatorio de los artículos dispersos que lo constituyen.

- i. la percepción del mercado potencial;
- ii. la invención o producción del diseño analítico;
- iii. la obtención del diseño detallado y su verificación;
- iv. el rediseño y la producción;
- v. la distribución y el márketing.

Este modelo se caracteriza por existir en él frecuentes realimentaciones entre las diversas etapas. Así, la ciencia no sólo tiene por qué estar presente en la invención; la verificación puede inducir un nuevo diseño; un problema no detectado puede inducir una nueva etapa en la investigación, etc.

Este modelo correspondería a la tercera generación de modelos en la antedicha clasificación de Rothwell.

Con todo, no deja de ser significativo que en un trabajo tan distante en el tiempo como Nelson et al. (1969) --cuyo original es dos años anterior-- ya se adoptara un criterio amplio y pragmático a la hora de tratar los factores que influyen en la dirección del progreso tecnológico e incluyera entre éstos la demanda, los cambios en el nivel de capacidad, las dimensiones y el crecimiento de la industria, el adelanto de la ciencia y la educación y el desarrollo de una base científica, si bien no se entrara en discusiones acerca de un modelo unificador que los englobara de una manera sistemática.

#### *6. Algunas variables relevantes por el lado de la oferta: los mecanismos de inducción*

Se trata de examinar aquí ciertos mecanismos que actúan como inductores del cambio técnico y que influyen a la hora de establecer la posibilidad del éxito o fracaso de una invención concreta cuando se trata de convertir ésta en una innovación. Otra forma que tienen de actuar estos mecanismos de inducción es permitiendo que se creen los incentivos para lograr una determinada invención y dedicar esfuerzos a la obtención de ésta.

Naturalmente, la demanda de mercado constituye un mecanismo de inducción, que ya ha sido estudiado y sobre el que no se vuelve. Aquí insistiré en mecanismos que operan por el lado de la oferta. De éstos, hay dos que ya han sido tratados y que, por lo mismo, tampoco pasaré de mencionar: por un lado el fondo de conocimiento científico y tecnológico existente que permite generar una determinada innovación; por otro, los precios relativos de los factores que pueden inducir un determinado patrón de diseño de innovaciones, en forma de capital fijo, que sustituya el factor relativamente caro --generalmente trabajo-- por el barato --capital--<sup>72</sup>.

---

<sup>72</sup> A esto nos referimos en un capítulo anterior, donde se expuso una clasificación del cambio tecnológico en función de los sesgos factoriales y también algunos problemas asociados a la conceptualización de esos sesgos.

La idea es que si bien las empresas se plantean sus decisiones en materia tecnológica en términos económicos --por ejemplo, con el objetivo de reducir costes--, estos incentivos económicos que motivan sus actuaciones, por su generalidad y amplitud, no explicarían demasiados detalles de la secuencia y dirección concretas que sigue el cambio técnico, así como el tiempo requerido.

Así pues, ¿qué factores pueden aportar mayor claridad al respecto? Aquí se enunciarán tan sólo los más relevantes:

i. La existencia de desequilibrios entre los diversos elementos de un sistema técnico --pongamos una máquina compleja o un vehículo moderno--. El conocimiento de estos desequilibrios conduce de manera continua a la investigación de posibilidades de corrección de las partes más débiles del sistema. Se trataría de vencer los cuellos de botella. En ocasiones, la búsqueda de soluciones a esos embotellamientos permite, no sólo resolverlos, sino conseguir mejoras notables en el rendimiento del sistema, que fuerzan a buscar nuevas mejoras en el resto de los subsistemas. Y en otras ocasiones, las menos, se puede llegar a hallazgos de alcance insospechado que abren nuevas perspectivas científicas y técnicas.

Esto nos lleva a considerar el fundamental papel de las complementariedades y, una vez más, al impacto acumulativo de las pequeñas mejoras<sup>73</sup> que, como se señaló *supra* ha sido ignorado por el análisis tradicional del cambio tecnológico hasta hace relativamente poco, debido a la influencia de Schumpeter. Y, asimismo, a las relaciones interindustriales, en el sentido de que el cambio tecnológico se transmite de un sector de la economía a otro a través, por ejemplo, de la utilización de *inputs* intermedios. Es decir, al papel relevante que poseen las economías externas cuando se estudian los determinantes del cambio tecnológico<sup>74</sup>.

ii. La búsqueda de nuevas formas más eficientes de control por parte de los empresarios para maximizar la obtención de trabajo a partir de la fuerza de trabajo. Este mecanismo, de inspiración netamente marxista, entiende que la tecnología es una de las herramientas utilizadas por los capitalistas para la extracción de plusvalía de la fuerza de trabajo. Así, los sistemas de organización de la producción (sistemas de talleres tradicionales, cadenas de montaje, burocratización de las estructuras de la gran empresa...) utilizan entre otras variables la tecnología disponible con la finalidad indicada<sup>75</sup>.

---

<sup>73</sup> El contemplar las interdependencias nos lleva a contemplar de forma casi automática la posibilidad de desfases entre los diversos componentes del sistema y sirve para centrar la atención en determinados problemas y tipos de soluciones (Vegara (1989b), pág. 36).

<sup>74</sup> Véase Rosenberg (1993f) para un examen detallado de estas cuestiones, con la habitual riqueza analítica de este autor.

<sup>75</sup> Vid. el trabajo clásico de Edwards (1983), donde se establece la conocida tipología del control en simple, técnico y burocrático.

Además de lo indicado, desde posiciones no radicales se ha sostenido que la tecnología también se ha utilizado históricamente como una forma de minimizar la conflictividad laboral al sustituir trabajo por capital, especialmente en momentos en que las reivindicaciones obreras han tenido más fuerza (vid. Rosenberg (1979g), págs. 130 y ss.).

iii. La reducción o eliminación más o menos súbita de una fuente habitual (y barata) de oferta de materias primas. Esta constricción genera repercusiones importantes cuando no existen o no son accesibles suministros alternativos ni sustitutos satisfactorios. Esto es un caso que se da típicamente en épocas de guerra, y ejemplos clásicos de estos mecanismos los constituyen el descubrimiento de sustitutos sintéticos de productos naturales, como sucedió en el caso del caucho. Aquí operarían tanto factores de elevación en el precio de las materias primas originales antes de obtenerse su homólogo artificial como razones de vulnerabilidad del sistema productivo.

iv. Las calamidades. Bastará citar un par de ejemplos que en modo alguno pueden conceptuarse como únicos: la dinamita se inventó con la finalidad de obtener un explosivo seguro que no estallara con la facilidad de la nitroglicerina; en el sector de la automoción de hoy día, los sistemas de *air-bags*, los frenos ABS, etc. son innovaciones que pretenden incrementar la seguridad y reducir la siniestralidad o al menos reducir las consecuencias de la misma.

v. Los fracasos. De los errores también se aprende, y la posibilidad de extraer información sobre lo que no ha funcionado y por qué no funcionó, puede permitir evitar errores en lo futuro. Y no sólo sobre aquellos fracasos espectaculares que se convierten en catástrofes, sino también los que suceden anónimamente. Por otra parte, los errores también pueden contribuir a evaluar mejor el coste de la actividad inventiva, toda vez que parece que existe un sesgo a considerar sólo lo que cosechó algún tipo de éxito.

Debo recalcar que aquí me refiero al caso de fracasos a la hora de obtener determinados inventos, no a los derivados de una demanda que no acepta una innovación determinada. Ése sería un caso diferente.

vi. La búsqueda de una mayor fiabilidad y de seguridad en el funcionamiento de sistemas sensibles a las consecuencias de un fallo.

vii. La miniaturización.

viii. La aparición de normativas públicas o regulaciones de carácter obligatorio sobre seguridad, higiene, protección medioambiental, eficiencia energética mínima, etc<sup>76</sup>.

Estos mecanismos de inducción tienen por objeto incrementar la perspectiva de beneficio, pero señalan determinadas rutas por las que se origina y que impulsan el cambio tecnológico. Todas responden a determinados tipos de necesidades que reclaman ser satisfechas. Incluso las amenazas de empeorar una situación previa pueden ser incentivos más poderosos que una posibilidad más o menos difusa o incierta de mejora. En el ámbito empresarial, las tecnologías alternativas pueden ser investigadas cuando el beneficio de la empresa desciende por debajo del nivel mínimo aceptable.

### 7. La relación entre cambio tecnológico e información

En la literatura acerca del cambio técnico hay algunas líneas de argumentación que identifican el avance técnico con nueva información generada. Por tanto, la tecnología tendría, como la información, características de bien público, con las consecuencias que se derivan sobre la apropiabilidad de los resultados derivados de ella, etc<sup>77</sup>.

El artículo pionero del que parte esta identificación es Arrow (1962a), que comienza con una frase reveladora: *Interpretamos aquí la invención en términos generales como la producción de conocimientos* (pág. 137). Para pasar luego a un discurso acerca de la asignación óptima de recursos a dicha actividad, en un análisis de economía del bienestar. El mercado no generaría una asignación Pareto-eficiente, puesto que la invención --o la producción de conocimientos-- presenta indivisibilidades, inapropiabilidad e incertidumbre. Bajo condiciones de incertidumbre la información se convierte en un bien económico (pág. 142). Y señala el profesor Arrow: *El hecho económico fundamental acerca de los procesos de invención e investigación es que se dedican a la producción de información* (pág. 144). Las ineficiencias generadas por el mercado en la producción de la invención óptima socialmente son tanto más acusadas cuanto más “básica” es la investigación, entendiendo por tal aquella *cuya producción sólo se usa como insumo de información de otras actividades inventivas* (pág. 146), definición equivalente a la habitualmente utilizada (vid. capítulo primero de este trabajo)<sup>78</sup>. Ésta es, sucintamente, la posición de Arrow en ese trabajo seminal.

---

<sup>76</sup> Este mecanismo, así como los dos anteriores, están tomados de Vegara (1989b), pág. 72.

<sup>77</sup> Este epígrafe anticipa una cuestión que se retomará al referirnos a la teoría de la política tecnológica.

<sup>78</sup> Esta es la razón que justifica que el sector público intervenga realizando al menos investigación básica, cuyos resultados puedan ser puestos a disposición de la colectividad. Como esa actividad quedaría al margen del mercado, a veces se denomina investigación “precompetitiva” a la básica.

Su artículo ha dado pie a la identificación entre cambio técnico e información, lo cual ha sido criticado. Sin embargo, la crítica no debería afectar al planteamiento de Arrow. Veamos estas dos cosas --crítica y por qué Arrow queda al margen de la misma-- conjuntamente.

Como señala Stoneman --Stoneman (1987a), pág. 11--, si uno toma como definición de invención la generación de nuevas ideas, la identificación entre ambos conceptos, con lo que ello comporta, no es errónea. Sin embargo, extender la identidad al cambio técnico en general sería tal vez ir demasiado lejos. Puede ser justificable sostener la idea al considerar si la adquisición de información es suficiente para efectuar un determinado tipo de cambio técnico, pero se ve claramente que cuando se habla de tecnología incorporada a una máquina o a un nuevo bien de consumo jamás podría realizarse un análisis que se base en la simple información.

Porque la tecnología, en un sentido amplio, no puede reducirse exclusivamente a información aunque sí tenga que ver con ella. Además de tal variable participan --tanto en diseño como en producción, en difusión o en transferencia-- actividades como el saber hacer, el aprendizaje, capacidades profesionales adquiridas, la práctica, etc. Algunas veces, sin saber exactamente el por qué sucede lo que sucede, aun sabiendo lo que sucede y utilizándolo en la producción de bienes<sup>79</sup>.

Pero estas críticas no se pueden realizar al artículo citado de Arrow, porque éste no habla de "innovaciones", sino que se refiere siempre a la "invención" como producción o de "conocimiento" (pág. 137) o de "información" (pág. 144). Y así, las opiniones de Arrow siguen siendo tan vigentes en la actualidad como en 1962. Por otra parte, los contenidos de ese artículo continúan constituyendo, a fecha de hoy, casi cuarenta años después de su publicación, los fundamentos de la teoría de la política tecnológica, por lo que en la segunda parte de esta obra se volverá a esa referencia insustituible.

### *8. La relaciones entre ciencia y tecnología*<sup>80</sup>

En esta sección me referiré de una manera muy sumaria a las complejas relaciones existentes entre "ciencia" y "tecnología" y al papel desempeñado por esas relaciones en la generación de conocimiento científico y tecnológico. Vale decir que en esta sección utilizaré como expresiones sinónimas las de "investigación científica" e "investigación básica" como formas de obtener conocimientos científicos, o "ciencia".

---

<sup>79</sup> Ejemplos de casos concretos de diseños o procesos industriales cuyos fundamentos científicos son poco o nada conocidos pueden hallarse en Vegara (1989b), pág. 34 y en la bibliografía que ahí se cita.

<sup>80</sup> En Stephan (1996) puede encontrarse un amplio estado de la cuestión acerca del papel económico de la ciencia. Ese trabajo abarca temas tan diversos como la naturaleza de bien público del conocimiento (en la línea de Arrow); el mercado de trabajo de los hombres de ciencia; el por qué de la I+D básica realizada por las empresas privadas, etc.

Ciencia sería un conjunto articulado e interrelacionado de conocimientos dotados de fundamentación teórica, con capacidad explicativa. La ciencia requiere explicaciones causales y busca principios generales. La tecnología es un conjunto de conocimientos y saberes operativos, derivados de la ciencia o de la experimentación práctica, sea sistemática o puntual. Posee un carácter específico, orientándose a la resolución de problemas concretos. Y, como se decía más arriba, en ocasiones conoce muy pobremente los principios científicos en que se apoyan procesos utilizados con frecuencia.

Sin embargo, la tendencia general, desde finales del siglo pasado y cada vez más, es que la tecnología ha tendido a depender cada vez más de la ciencia<sup>81</sup>. La tecnología se fundamenta crecientemente en la ciencia, hasta el punto de que algunas ramas tecnológicas son designadas como *actividades tecnológicas de base científica* y, por extensión, se alude a sectores económicos *de base científica*<sup>82</sup>. No obstante, persisten las excepciones. Y, por otra parte, algunos autores prefieren sostener que sería preferible utilizar la expresión *tecnología relacionada con la ciencia* antes que *basada en la ciencia*, que da una idea de causalidad unidireccional rígida (vid. Freeman (1975), pág. 34)<sup>83</sup>.

La forma tradicional de referirse a la ciencia ha sido a partir del modelo lineal. En efecto, intuitivamente daría la impresión de que en la ciencia comienza todo el proceso que culmina en la innovación. Con este planteamiento parecería que toda tecnología surge de la ciencia, y que el proceso recíproco no se produce. Y, una vez más, supondría admitir que la ciencia es una variable exógena. Pero, ¿es exógena la ciencia? Esta pregunta da título a un importantísimo artículo del profesor Rosenberg<sup>84</sup>, a quien seguiré principalmente a lo largo de esta exposición.

En primer lugar, debe destacarse que la tecnología no es un mero apéndice aplicado de la ciencia, sino que constituye un *corpus* de conocimiento en sí mismo acerca de ciertas clases de sucesos. Un conocimiento empírico que a veces ignora los fundamentos estrictamente científicos del caso (pág. 147). Y esto no es privativo del pasado, sino que actualmente sigue vigente, si bien es verdad que la tecnología ha tendido a basarse crecientemente en la ciencia desde hace un siglo.

Resumiendo, el conocimiento tecnológico ha precedido en muchos casos al científico. La falta de comprensión científica no necesita ser un obstáculo insuperable, sobre todo cuando aparecen suficientes incentivos económicos poderosos (p. 147). Así, la tecnología ha servido

---

<sup>81</sup> Véase Mowery y Rosenberg (1989), capítulos 2 y 3, para una exposición detallada de estas cuestiones referidas en especial a los Estados Unidos.

<sup>82</sup> Y no sólo por esto. Como advierte Soete, *el conocimiento científico... es de relevancia creciente en las "ciencias de transferencia": la ciencia como un requerimiento esencial en el examen, la medición y el uso de las nuevas capacidades tecnológicas* (vid. Soete (1992), pág. 241).

<sup>83</sup> Sobre el tema de la relación causal **ciencia** → **tecnología**, pero también su recíproca **tecnología** → **ciencia**, volveré más abajo.

<sup>84</sup> Rosenberg (1993c). Los números de página que indico son los que corresponden a ese texto, en tanto no se diga lo contrario.

como depósito de conocimiento empírico examinable y evaluable por los científicos. La solución de ingeniería genera después la investigación subsiguiente que explica las causas.

Esto pasa también, aunque menos, en las industrias de base científica, donde la nueva tecnología precede al conocimiento científico al proporcionar la observación inesperada o la experiencia que da salida a la investigación fundamental (pág. 148).

Una segunda dimensión de la interacción entre ciencia y tecnología es la siguiente: el progreso tecnológico juega un papel muy importante en la formulación del futuro de la ciencia. La trayectoria natural de ciertas mejoras tecnológicas identifica y define los límites de mejoras posteriores que, a su vez, orientan la subsiguiente investigación científica (p. 151). La mejora tecnológica no se limita a generar la necesidad de tipos específicos de nuevo conocimiento. El avance de éste tiene lugar frecuentemente sólo por experiencia real de una nueva tecnología en su medio operativo. Típico de las ramas de alta tecnología es que el progreso tecnológico identifica de forma no ambigua las orientaciones de la nueva investigación científica ofreciendo un alto potencial de retorno, al reducir sensiblemente la incertidumbre.

El avance científico a veces se ha obtenido utilizando un equipamiento muy sensible desarrollado para proyectos de investigación aplicada.

La diferencia entre investigación básica y aplicada no es fácil de señalar. Avances fundamentales ocurren a menudo mientras se lucha con asuntos prácticos o aplicados (p. 152). Además, estos avances básicos pueden ser de muchos tipos y tener aplicaciones en otros sectores que aquellos a partir de los cuales se generaron (p. 153, y nota 19). A veces en sectores muy distantes.

Muchas veces la tecnología es la que genera nueva tecnología y a partir de ahí se desarrolla el conocimiento científico. A veces sucede porque los problemas que deben resolverse se presentan después de haber instalado una determinada innovación y de que lleve un tiempo funcionando (por ejemplo, ciertos materiales, pág. 155). El crecimiento del conocimiento es mucho más acumulativo e interactivo de lo que parece. Las industrias de alta tecnología, al investigar sobre los límites de las aplicaciones técnicas, identifican continuamente nuevos problemas que pueden ser tratados por la ciencia. Las mejoras producidas en aplicaciones o en reducción de costes actúan como incentivos para la actuación de las empresas (p. 156).

Rosenberg señala que aun cuando alguna investigación básica precede al avance tecnológico, es el establecimiento de un vínculo tangible entre la tecnología y el campo específico de la ciencia el que es el responsable de una gran intensificación de la investigación en ese campo, porque la asignación de recursos científicos es probable que esté dominada por una evidencia previa de que habrá retornos tecnológicos (p. 158). Esta probabilidad ha aumentado mucho en el siglo XX por la escalada de los costes de investigación y la necesidad consiguiente de establecer mecanismos para financiar esta investigación en los sectores privado y público.

El avance tecnológico es, pues, importante para la dirección de la investigación científica por la probabilidad de que genere reembolsos potenciales, financieros o sociales. Un avance principal señala el comienzo de una serie de nuevos desarrollos de gran importancia, no su culminación. El éxito comercial dentro del nuevo marco requiere numerosos inventos complementarios y el desarrollo de tecnologías subordinadas y estas necesidades proporcionan numerosos puntos centrales para la investigación científica, que se emprenderá para la explotación adecuada de la nueva tecnología.

Otro factor que cuenta es el de los cambios en la estructura de los incentivos económicos. Si un material es más barato como resultado de las mejoras tecnológicas se usa con más frecuencia y el menor precio hace que se le considere más en serio para otros usos potenciales. Lo que generará investigación y ensayos por parte de nuevas clases de usuarios.

Y, como se decía antes, los avances tecnológicos sirven para validar la posibilidad de ciertas clases de fenómenos y para mejorar la probabilidad de llevar a cabo una investigación valiosa, tanto científica como tecnológica.

Otra vía que lleva de la tecnología a la ciencia es la instrumentación. Sus mejoras son un determinante principal del progreso científico, toda vez que permiten mejorar las técnicas de observación, ensayo y medición<sup>85</sup>. Perfeccionar determinadas clases de instrumentos es una forma de hacer avanzar un campo de la ciencia (p. 161), si bien las diferentes tecnologías de la instrumentación (por ejemplo, un acelerador de partículas o un ordenador) generan impactos científicos muy diferentes. Además, es también cierto que las observaciones generan su verdadera aportación cuando se desarrollan los conceptos científicos que les dan un significado potencial a las mismas.

Así, después de todo lo visto, el proceso de industrialización transforma la ciencia en una actividad cada vez más endógena al aumentar su dependencia de la tecnología. Las consideraciones tecnológicas son el determinante principal para la asignación de recursos científicos. Esto es así en tanto estos planteamientos se apoyan en la creciente institucionalización de la investigación en laboratorios industriales privados. Y es justo suponer que las decisiones en el ejercicio de la ciencia están sujetas en estas empresas al cálculo de los costes y beneficios privados (pág. 161).

En resumen, el artículo que se ha citado viene a explicar numerosos tipos de relaciones en que la tecnología genera ciencia, sin negar la relevancia de la relación inversa<sup>86</sup>. Lo más remarcable de todo esto, más allá de la dirección de las relaciones causales, estriba en que la

---

<sup>85</sup> Un trabajo posterior de Rosenberg, Rosenberg (1994c), se dedica monográficamente a examinar el papel jugado por las universidades americanas en el desarrollo de instrumentos científicos y en los efectos económicos que se derivan de ese tipo de tecnología.

<sup>86</sup> Como se señala gráficamente en Nelson y Rosenberg (1993), págs. 6 y ss., la ciencia es líder y seguidora (*Science as Leader and Follower*) con respecto a la tecnología.

separación estricta entre ciencia y tecnología o, si se prefiere, entre investigación básica, aplicada y en desarrollo, no es tan sencilla ni tan mecánica como una visión superficial nos mostraría, y que eso debe tenerse bien presente a la hora de diseñar políticas tecnológicas.

Otro de los corolarios de este trabajo de Rosenberg nos hace ver que la investigación científica no opera a ciegas, sino tanteando en un terreno parcialmente desbrozado por la experiencia. Esto no significa que la incertidumbre no exista, sino que debe ser matizada y situada en su dimensión adecuada.

De igual forma que más arriba se criticó el modelo lineal atendiendo a diversas consideraciones, las puntualizaciones que se han realizado en esta sección sirven también como nuevas fuentes de crítica al mismo. De hecho, algunas de las formulaciones alternativas a dicho modelo, como las que se recogen en la sección cuarta de este capítulo, pretenden integrar algunos de los aspectos aquí tratados en su marco conceptual del cambio tecnológico (vid. Steinmueller (1994), págs. 60 y ss).

### 9. El aprendizaje y el cambio técnico

Una de las formas en que el cambio técnico se manifiesta es el aprendizaje. Aquí nos referiremos al concepto especializado que de aprendizaje se utiliza en la literatura sobre cambio tecnológico, no al aprendizaje en sentido general que se define en los diccionarios y en el lenguaje común, que sería mucho más amplio y que contendría al que nos interesa.

Así, el concepto relevante de aprendizaje a los efectos que aquí interesan, sería aquella cualidad que va adquiriendo el factor trabajo a lo largo del tiempo, mediante la cual la productividad del mismo se incrementa también a lo largo del tiempo, utilizándose el mismo equipo de capital.

Lo esencial de este concepto es que la utilización continuada de un mismo equipo de capital --no hay ningún tipo de innovación ni de producto ni de proceso ni de tipo organizativo-- provoca que la productividad del trabajo se incremente, consiguiéndose así el mismo efecto que se daría si se hubiera producido una innovación. Esta es la clave que permite identificar al aprendizaje con el cambio técnico.

Si se produce un cambio en el equipo de capital, parte del aprendizaje y de sus consecuencias se mantienen, pero parte se pierden, porque son específicas de cada equipo concreto y hay que comenzar de nuevo.

Existen dos grandes tipos de aprendizaje que comparten las características incluidas en la definición: el aprendizaje por la práctica (el *learning by doing*, formalizado por Arrow) y el aprendizaje por el uso (*learning by using*, por Rosenberg). Junto a éstos se han acuñado nuevos tipos de aprendizaje que no se ajustarían propiamente a la definición aportada, pero cuya importancia dista mucho de la de las dos clases citadas.

En el aprendizaje por la práctica, los efectos sobre la productividad se consiguen a medida que se incrementa la producción acumulada del bien que la empresa elabora --o la inversión que ésta realiza--. En el aprendizaje por el uso, sus efectos se consiguen mediante el uso continuado de un mismo equipo de capital por parte de la empresa.

Se puede entender el aprendizaje como cambio tecnológico en sí mismo, un cambio tecnológico incorporado a los recursos humanos en forma de un determinado tipo de capital humano<sup>87</sup>. Según esto, el aprendizaje sería una forma más de manifestarse el cambio técnico. No obstante, se habla en ocasiones de que el aprendizaje es asimismo fuente (o vehículo) del cambio técnico<sup>88</sup>. Estos dos aspectos no son contradictorios, sino que más bien obedecen a formas diversas de enfocar el problema.

Refiere Rosenberg (Rosenberg (1993b), pág. 125): *Mi planteamiento es que podemos considerar fructíferamente la innovación tecnológica como un proceso de aprendizaje, mejor dicho, como varias clases distintas de procesos de aprendizaje.* Y más abajo: *Lo que llamaremos "investigación y desarrollo (I+D)" es un proceso de aprendizaje en la generación de nuevas tecnologías. Es más, la I+D incluye varias formas de aprendizaje que son relevantes para el proceso de innovación.* Desde luego, esto es identificar todo el proceso de invención e innovación con el aprendizaje, y nos llevaría demasiado lejos. En esta exposición nos referiremos al concepto ya indicado de "aprendizaje" que se refiere siempre al aprovechamiento de una tecnología dada.

Aun cuando el aprendizaje sea un cambio técnico incorporado en capital humano, se podría considerar asimismo como cambio técnico desincorporado según la definición que de tal hace Hall (vid. capítulos uno y tres de esta obra) o cambio técnico "deslocalizado". Es decir, incrementaría la productividad de todo tipo de capital existente en una empresa, independientemente de su edad y condiciones operativas --antigüedad, grado de amortización o desgaste físico, etc.--. Y esto se puede identificar con un cambio técnico aumentador de trabajo (*labor-augmenting progress*).

Otra característica relevante del aprendizaje es que es una forma común de cambio incremental: el aprendizaje permite incrementos en la productividad o reducciones en el coste por unidad de producción en los productos que ya se vienen realizando --estamos ante un cambio técnico obviamente de proceso-- y que opera secuencialmente, de forma acumulativa.

---

<sup>87</sup> Becker incluye entre los cinco tipos de capital humano la formación en el trabajo. En ese contexto, la formación sería la obtención de aquellos conocimientos que permiten que un trabajador pueda incrementar su productividad. Vid. Becker (1983), págs. 39 y 42.

<sup>88</sup> Puesto que, como señala Stiglitz (1987), pág. 130, *hay dos fuentes principales de mejoras en la tecnología; algunas son el resultado de gastos directos en I+D, mientras muchas son subproductos de la producción. [...] El hecho de que la productividad se incrementa como resultado de la producción se denomina "aprendizaje por la práctica".* El aprendizaje sería, en este contexto, fuente de cambio técnico incremental. Sobre estas cuestiones, vid. *infra*.

Asimismo, como ya quedó indicado, el concepto de aprendizaje utilizado aquí es más restringido que el concepto general. Por ejemplo, el que tendría que ver con innovaciones radicales, como aprender a diseñar un producto novísimo o a utilizar un invento sensacional no quedarían incluidos en la definición, sino que constituirían otro tipo de cuestiones vinculadas al cambio técnico radical y a sus problemáticas específicas.

En el resto de este epígrafe insistiremos algo más en los diversos tipos de aprendizaje que tomamos en cuenta: el aprendizaje por la práctica y el aprendizaje por el uso, limitándonos prácticamente a citar los restantes. Se añade, sin embargo, el aprendizaje por medio del aprendizaje, como una extensión del modelo de aprendizaje por la práctica.

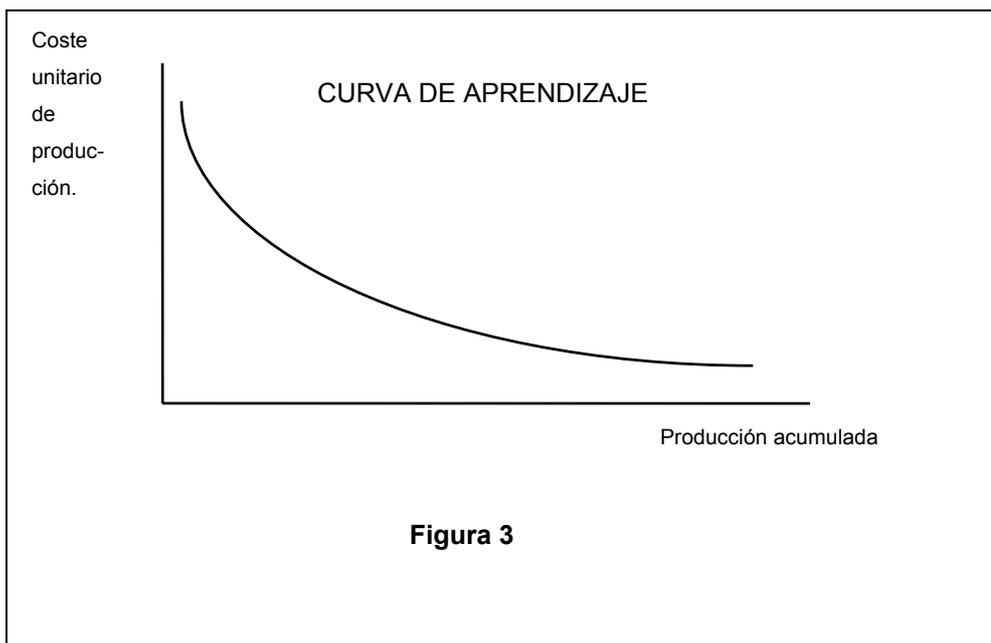
### **9.1. El aprendizaje por la práctica (*learning by doing*)**

La literatura generada por esta forma de aprendizaje es bastante copiosa. Sin embargo, hay consenso en que la aportación seminal, por lo menos dentro de un modelo teórico formal, se encuentra en Arrow (1962b).

No obstante, no todas las versiones del aprendizaje por la práctica enfocan la cuestión utilizando estrictamente las mismas variables que utiliza Arrow. Esto vale tanto para las primeras observaciones de tipo empírico previas al análisis formal de Arrow --cuyo modelo se sitúa dentro de la teoría del crecimiento económico--, como para formulaciones posteriores. La diferencia es que Arrow utiliza la inversión bruta como la variable mediante la que se produce el aprendizaje, mientras que las otras visiones utilizan la producción acumulada de bien final.

En la exposición que aquí se realiza sigo primeramente este segundo enfoque. Más tarde volveré al trabajo de Arrow, utilizando como hilo conductor un estudio de reinterpretación que de su artículo original ha realizado recientemente otro economista de primera fila: Robert Solow.

Para comprender mejor la idea esencial del aprendizaje por la práctica --no la expuesta por Arrow, reiteramos-- veremos la curva de aprendizaje en la **figura 3**.



**Figura 3**

Como se puede apreciar en la figura, el coste unitario de producción es una función decreciente del *output* acumulado. Es decir, a medida que se va incrementando la producción de un determinado bien se produce un fenómeno por el cual los costes por unidad de producción se reducen. El aprendizaje es la causa de esta reducción de los costes, y debe hacerse notar que dicho aprendizaje es un subproducto de la actividad productiva: el aprendizaje sucede aunque no se busque deliberadamente y tiene efectos positivos sobre los costes<sup>89</sup>.

En resumen, el aprendizaje por la práctica constituye un tipo de cambio técnico en la producción de bienes que actúa mediante el logro de una mayor eficiencia en el uso de los factores de producción. En este caso, del trabajo.

¿A través de qué vías concretas se produce este tipo de aprendizaje? Vegara (Vegara (1989b), pág. 25) señala las siguientes:

a) Un aumento del ritmo efectivo de trabajo (la llamada "actividad"). La familiaridad, la experiencia sicomotriz y demás factores permiten reducir los tiempos de trabajo efectivamente utilizados, reduciendo también la comisión de errores y mejorando la calidad. Esta vía, por tanto, estaría vinculada a los trabajadores de producción.

b) Introducción de pequeñas variaciones operacionales en el diseño inicial, detectadas a base de mecanismos de prueba y error. Esta vía se vincula, pues, a los ingenieros de la empresa.

---

<sup>89</sup> En el capítulo sobre crecimiento que vendrá más adelante volveremos sobre los modelos de crecimiento basados en el aprendizaje por la práctica. Éstos tienen la ventaja de *endogenizar* parcialmente el cambio técnico, al hacerlo dependiente de variables económicas --producción o inversión--, pero son criticados porque el aprendizaje/cambio técnico no es buscado deliberadamente, sino que se obtiene como subproducto.

c) La mejora de la organización y de la programación del proceso de producción, reduciendo tiempos muertos. Estos trabajos ingenieriles de programación es cierto que se pueden realizar antes de iniciar la actividad productiva --en cuyo caso no serían “aprendizaje por la práctica”--, pero en todo caso deberán contrastarse y mejorarse con la práctica, en el ejercicio de la actividad productiva.

En consecuencia, las mejoras de productividad que asociamos con el nombre de aprendizaje por la práctica pueden generarse directamente por los trabajadores de producción --vía a)-- o por los departamentos de ingeniería que efectúan las correcciones que luego se llevan a las tareas de producción --vías b) y c)--.

El aprendizaje por la práctica genera consecuencias sobre la competitividad de la empresa que consigue alguna ventaja en el mismo. La reducción de costes unitarios favorece al primer entrante que acumula con éxito ventas de producción propia, consiguiendo una ventaja diferencial sobre la competencia.

La curva de aprendizaje es un concepto que ya se conocía de una forma empírica por la época en que Arrow publicó el artículo que se ha mencionado. Como señala Solow (Solow (1997), pág. 4), la industria aeronáutica lo utilizaba en sus proyectos e incluso se había estimado que la elasticidad del aprendizaje era de  $-1/3$ . Es decir, cada unidad adicional de *output* --cada nuevo avión producido de un mismo modelo-- requería un tercio menos de trabajo que la precedente. En su artículo, Arrow ofrece datos parecidos. No obstante, su modelo no relacionaba la reducción de costes unitarios, la mejora de la productividad, con la producción acumulada sino con el nivel de inversión bruta.

Si he comenzado la exposición del aprendizaje por la práctica relacionándolo con la curva de aprendizaje y entendiéndolo como un subproducto del *output* acumulado, ha sido porque de hecho ya era contemplado así antes del trabajo de Arrow. Lo que algunas aportaciones teóricas posteriores hicieron fue retomar esa antigua manera de tratar el aprendizaje por la práctica, pero esta vez dentro de modelos teóricos formales.

En general, el marco analítico dentro del que se ha abordado el *learning by doing*, en Arrow y después, es la teoría del crecimiento. Lo que importaba al estudiar este tipo de aprendizaje era determinar cuál era su impacto en el crecimiento económico, a través de las mejoras conseguidas en la productividad.

¿Cómo abordaba Arrow su modelo del aprendizaje por la práctica<sup>90</sup>? Su objetivo era convertir el nivel de tecnología en una variable endógena dentro de la teoría del crecimiento. Es un hecho observable que las empresas y algunos particulares gastan sumas considerables con la

---

<sup>90</sup> Aquí no se realizará un examen detallado del modelo de Arrow, sino que se dará sólo su idea. Para exposiciones detalladas, aparte el propio texto original, Solow (1997), págs. 6 y ss. y Hall (1994), págs. 326 y ss.

esperanza de adquirir conocimientos tecnológicos valiosos. A partir de ahí, lo importante es modelizar el proceso de generación de nueva tecnología. Una forma de hacerlo es tratar la investigación industrial como una actividad costosa pero generadora de beneficios. Sin embargo, Arrow no toma ese camino. En su lugar, se centra en el aprendizaje, no en la invención y, sobre bases psicológicas, subraya que el aprendizaje es producto de la experiencia.

En su modelo, Arrow va a representar el nivel de tecnología como una función de la experiencia de producción. La idea es construir un modelo que incluya la hipótesis de que la experiencia en la producción genera, como subproducto, una mejora automática de la productividad. Lo cual puede ser considerado como progreso tecnológico.

Pero Arrow no toma la producción acumulada como variable, sino que escoge la inversión bruta como el vehículo a través del cual se produce el aprendizaje<sup>91</sup>. El equipo de capital llega en unidades infinitesimales de igual tamaño y los logros sobre la productividad de utilizar cualquier unidad de equipo dependen de cuánta inversión se hubiera ya producido previamente. El punto esencial es que la productividad crece rápidamente durante los intervalos de alta inversión y poco (o nada) cuando la inversión bruta es pequeña (o nula).

Incluso sin una actividad deliberada de investigación, la tasa temporal de cambio de la productividad es endógena en el sentido de que depende de decisiones económicas. En este caso, de la adquisición de nuevo equipo de capital.

En un texto reciente y de ámbito más general, Arrow se refería al aprendizaje por la práctica como una forma de reproducir conocimiento tácito (vid. Arrow (1994), págs. 16 y 17), entendiendo por tal aquel tipo de conocimiento que no puede ser completamente --o al menos en un grado razonable-- codificado y transferido de una forma consciente. *Puedes saber hacer cosas, sin ser necesariamente capaz de describir cómo las haces*, señala el autor. Sin embargo, este tipo de conocimiento es transmisible, si bien su forma de difusión presenta características específicas que lo diferencian de otros tipos de conocimiento.

## **9.2. El aprendizaje por el aprendizaje (*learning by learning*)**

En un trabajo de 1987, Stiglitz elaboró un modelo de aprendizaje por la práctica en el cual los efectos de éste sobre la mejora de la productividad se realizaban no mediante la inversión bruta al estilo de Arrow sino a través del nivel de producción (vid. Stiglitz (1987), págs. 138 y ss.).

No obstante, en su artículo, Stiglitz situaba el aprendizaje por la práctica en el marco de un modelo más general. Puesto que los efectos del aprendizaje los divide en dos tipos: a) aprendizaje por la práctica, por el que la productividad se incrementa como resultado o como subproducto de

---

<sup>91</sup> Solow comenta que las razones que aduce Arrow para hacer eso le parecen *críticas* y apunta algunas de su propia invención que justifican la elección de Arrow --Solow (1997), págs. 4 y 5--. Las de Arrow pueden encontrarse en Arrow (1962b), pág. 427.

la producción acumulada; b) el aprendizaje por el aprendizaje (*learning by learning*), al que define de la siguiente forma (o.c., pág. 130)<sup>92</sup>:

Igual que la experiencia en la producción incrementa la productividad de uno al producir, así la experiencia en el aprendizaje puede incrementar la productividad de uno al aprender. Uno aprende a aprender, al menos parcialmente, en el proceso de aprendizaje mismo.

### **9.3. El aprendizaje por el uso (*learning by using*)**

Esta modalidad de aprendizaje ha sido enunciada por el profesor Nathan Rosenberg y su referencia fundamental es Rosenberg (1993b). Este trabajo es fruto de las investigaciones del autor en el campo de la industria aeronáutica.

Señala el autor (op. cit., pág. 127), separando este tipo de aprendizaje del *learning by doing* y procediendo a su definición:

Quiero llamar la atención ahora sobre una clase separada de aprendizaje que empieza solamente después de que ciertos nuevos productos se han utilizado. Con respecto a un producto dado, quiero distinguir entre el provecho que es interno al proceso de producción (fabricación) y el provecho que se genera como resultado del uso subsiguiente de ese producto (uso), puesto que en una economía con tecnologías nuevas y complejas hay aspectos esenciales del aprendizaje que no son función de la experiencia adquirida al fabricar un producto, sino de su *utilización* por el usuario final. Esto es particularmente importante en el caso de los bienes de equipo.

Y distingue dos tipos de aprendizajes por el uso: el incorporado y el desincorporado (vid. pág. 128). El primero es aquel en el que a partir de las experiencias de la nueva tecnología se comprende mejor las características específicas del diseño y funcionamiento que permiten mejoras subsiguientes del diseño. Esto es, el aprendizaje permitirá un rediseño del producto. En el segundo, el conocimiento generado conduce a ciertas alteraciones en el uso que no requieren modificaciones en el diseño de los accesorios o sólo muy triviales. Permite mejorar la productividad del aparato, ya alargando su vida útil o reduciendo sus costes operativos. Como señala el propio autor, no es fácil separar ambos tipos de consecuencias del aprendizaje por el uso.

El aprendizaje por el uso se manifiesta en bienes de equipo, en sistemas altamente complejos (pág. 140) donde es difícil evaluar con precisión prestaciones, prácticas óptimas de mantenimiento y otras características específicas. Los usuarios experimentan, aprenden, y luego

---

<sup>92</sup> En el trabajo citado se desarrolla el modelo con las implicaciones del *aprendizaje por el aprendizaje* y el *aprendizaje por la práctica*. Otra exposición puede consultarse en Hall (1994), págs. 328 y siguientes.

comunican sus experiencias a los productores de bienes de equipo, que pueden modificar los bienes para satisfacer determinadas necesidades de los usuarios que no habían sido contempladas o para corregir problemas no detectados.

Nótese que para que esto se produzca tenemos que referirnos a determinados sectores donde exista una comunicación permanente entre usuarios y suministradores y que esto sólo puede darse en relación con bienes de equipo altamente complejos, caros y de mantenimiento costoso y permanente. El caso de los aviones, el originalmente contemplado por Rosenberg, se adecua plenamente a estas características. Aunque otras ramas industriales, como el *software* informático, también se benefician de él (op. cit. 143).

Rosenberg concluye señalando sumariamente tres repercusiones que generará el estudio del aprendizaje por el uso (vid. pág. 144):

- a) El mejoramiento de la comprensión del cambio tecnológico al identificar más claramente la naturaleza y localización de las actividades que lo generan;
- b) Las mejoras que se incluyen en el aprendizaje por el uso juegan un papel importante en la decisión de adoptar nuevas tecnologías, explicando en parte los ritmos en los procesos de difusión;
- c) Servirá para comprender mejor las formas en que las sociedades industriales avanzadas generan mejoras de la productividad y del crecimiento económico.

#### **9.4. Otros tipos de aprendizaje**

Sahal ha propuesto, dentro de un marco con sabor evolucionista, un concepto de aprendizaje interesante. Cito sus palabras<sup>93</sup>: *a medida que una tecnología aumenta o disminuye continuamente, las relaciones existentes entre sus dimensiones y sus exigencias estructurales cambian, lo cual --a su vez-- limita severamente el alcance de su ulterior evolución. Así pues, el origen de una amplia variedad de innovaciones radica en aprender a superar las restricciones que surgen del proceso de cambio de dimensiones de la tecnología objeto de análisis. En resumen: el progreso técnico se halla mejor caracterizado como un proceso de "learning by scaling".* Si bien el origen de ese cambio de dimensiones queda determinado exógenamente, Vegara supone que la búsqueda de economías de escala reductoras de los costes constituyen el mecanismo inductor del proceso.

Aparte de este aprendizaje derivado de la dimensión, la tipología de los aprendizajes que uno puede hallar en la literatura no se agota, desde luego, en la enumeración de los mencionados.

Así, en Rothwell (1994), págs. 34 y 35, al referirse el autor a la innovación como un proceso de acumulación de *know-how*, en un contexto de empresa, se menciona el papel de los

---

<sup>93</sup> Tomadas de Vegara (1989b), pág. 61. Las cursivas aparecen en esa referencia.

diferentes tipos de aprendizajes, internos y externos a la firma, y se elabora una tabla que los recoge. Se habla ahí, como internos a la firma, de aprendizaje por el desarrollo, por las pruebas, por la práctica y por la producción<sup>94</sup>, por el error<sup>95</sup>, por el uso en compañías integradas verticalmente de proyectos transversales; como externos o conjuntamente internos y externos, se mencionan el que viene o el que se hace con los proveedores, con los usuarios principales, el que proviene de asociaciones horizontales, el que viene de las infraestructuras de ciencia y tecnología, el que proviene de la literatura, el de los actos de los competidores, la ingeniería inversa, el de las adquisiciones o nuevo personal, el que proviene de pruebas de prototipos orientados a los clientes y el que proviene de las reparaciones y el descubrimiento de defectos.

Sin embargo, la mayor parte de este catálogo corresponde más bien a diversas formas de aprendizaje “general”, de sentido no restringido, antes que a la precisa conceptualización a la que se aludía al comienzo de esta sección.

Por ejemplo, una empresa que practique la ingeniería inversa no consigue con esa acción -esto es, copiando más o menos un producto de la competencia-- incrementar la productividad de sus recursos humanos en la realización de su propia producción. Más bien, la ingeniería inversa le sirve o 1) para acceder a un nuevo producto que fabrica la competencia y ella no y en el que desea introducirse --aunque esto no parece que sea el uso más frecuente de ese procedimiento--; 2) para informarse sobre lo que la competencia lanza al mercado --ver qué prestaciones, qué novedades de diseño poseen sus productos, etc.--; 3) acceder a mejoras “incrementales” que la competencia haya desarrollado y que se desee imitar --gammas modernizadas de los productos, estrategias de diferenciación de los mismos, etc.--. Así, más que constituir aprendizaje estamos ante una forma de acceder a las ideas, mejoras, diseños, prestaciones, etc., de los productos de la competencia. En suma, ante una forma de obtener información.

---

<sup>94</sup> Lo denomina *learning by making-production learning* y no, directamente, *by doing*, porque no se refiere estrictamente a tal, sino al aprendizaje en un sentido amplio que se obtiene de la experiencia, siendo el *by doing* una parte de él.

<sup>95</sup> O por los fracasos. Recuérdese lo que se señaló sobre los mismos como mecanismos de inducción del cambio técnico.

## **Capítulo siete. La difusión del cambio técnico.**

### *1. Introducción*

El objeto del presente capítulo es realizar una incursión en el amplio tema de la difusión del cambio técnico a través de la economía. Este proceso posee una importancia económica trascendente, pues sólo en la medida en que el cambio técnico se difunde se producen los efectos del progreso técnico sobre el tejido productivo y la economía en su conjunto.

En este capítulo, por otra parte, se presentarán y se analizarán conceptos como “difusión”, “adopción”, cómo ha ido evolucionando temporalmente el estudio de la difusión de la innovación tecnológica y se concluirá con una referencia al modelo del ciclo de vida del producto y a las políticas tecnológicas orientadas hacia la difusión.

### *2. El concepto de adopción y el de difusión de la nueva tecnología<sup>96</sup>*

Antes de entrar en la exposición de las principales cuestiones relativas a la difusión en sentido amplio del cambio tecnológico conviene hacer referencia a la distinción entre los dos conceptos citados en el título del epígrafe, puesto que surgen con frecuencia en la literatura y, si bien están relacionados, poseen distintos significados. Significados que se han convertido ya en un lugar común en el lenguaje de la comunidad científica.

En los estudios sobre la difusión entre empresas<sup>97</sup> de una innovación, el concepto de “difusión” en sentido estricto se refiere a la conducta agregada de un conjunto o muestra de empresas, sin insistir necesariamente en una modelización microeconómica explícita de los procesos de decisión de las empresas individuales.

Por contra, la adopción se refiere al comportamiento de una empresa específica, y concretamente al “retardo de adopción” con respecto a la primera adopción en la muestra. Trata de explicar por qué la empresa concreta asume la innovación en un momento específico, en la fecha observada, y no antes o después.

---

<sup>96</sup> Para las secciones 2 a 6 de este capítulo me baso fundamentalmente en los siguientes trabajos: Mowery (1988), Hall (1994), Rosenberg (1979e, 1993d), Vegara (1989b), Clarke (1993) y sobre todo Lissoni y Metcalfe (1994).

<sup>97</sup> Porque la difusión se puede estudiar bajo diversos puntos de vista, uno de los cuales es el aludido, esto es, el que incide en cómo se difunde la innovación entre diversas empresas de un mismo o diferente sector. Sobre esto se volverá con detalle más abajo.

No obstante lo dicho, cuando a partir de ahora utilice la palabra “difusión”, la emplearé en un sentido amplio que engloba tanto ésta como la adopción, salvo que expresamente me quiera referir a una de ellas en concreto.

### *3. Panorámica general, medidas y problemas de cuantificación*

Ya se indicó que la difusión es lo que permite que el cambio técnico genere sus impactos sobre la economía, por lo que su relevancia es difícil de exagerar y esa realidad no escapa a quien estudie el lado económico del cambio técnico.

Los manuales de microeconomía han supuesto tradicionalmente que la adopción de una tecnología es un proceso más o menos instantáneo, en el sentido de que no se producen retardos en la difusión. No obstante, los estudios intraempresa revelan que esto no es así, puesto que el proceso de adopción es gradual. Los estudios de este tipo miden la velocidad a la cual una innovación alcanza unos niveles de difusión dados dentro de la empresa considerada. Sin embargo, este tipo de visión intraempresa no es la más frecuente en la literatura, que se ha preocupado más por la difusión y la adopción entre empresas diferentes.

En los estudios de difusión entre empresas el gradualismo de la adopción interna suele ignorarse. Lo que se pretende explicar es por qué algunas empresas adoptan antes que otras la innovación y por qué no lo hacen todas a la vez. Como medida de difusión se utiliza el concepto de tasa de imitación, que es el cociente entre el número de adoptantes y el número de adoptantes potenciales en un tiempo dado. Este indicador presenta el problema de que no todos los adoptantes poseen el mismo grado de compromiso con la nueva tecnología, sobre todo si pueden revocar sus decisiones de adopción. Otro indicador es la llamada tasa global de difusión, que calcula el porcentaje del output atribuible a la nueva tecnología o al stock de nuevos bienes de capital dentro del sector o territorio observado. Este último indicador no da información sobre la velocidad de adopción dentro de una empresa, pero tiene en cuenta la difusión intrafirma, la imitación entre firmas y los efectos de selección.

Una vez visto esto, se hará un repaso genérico a la visión que los economistas han tenido de la difusión, para después insistir en algunos puntos concretos.

Ya Schumpeter identificó en la difusión dos tipos de procesos diferentes, que llamó selección e imitación. La primera alude a la competencia establecida entre las empresas innovadoras y las tradicionales. Éstas verían erosionarse sus cuotas de mercado. Variable que serviría, por cierto, para medir este tipo de difusión, al menos teóricamente. En cambio, la imitación se refiere a la posibilidad de que la empresa que utiliza técnicas tradicionales se pase a las nuevas. Su medición se realizaría mediante la tasa de adopción de esas nuevas tecnologías (o de imitación de las empresas innovadoras). Es obvio que esta caracterización vale sólo para

innovaciones de proceso o de productos si éstos son bienes de capital exclusivamente. Y, aparte de esto, no se entra en los determinantes de por qué la empresa actúa como actúa.

Pese a lo indicado, los economistas que estudiaron la difusión se limitaron hasta los sesenta a trabajos de tipo empírico y utilizaron las herramientas analíticas de otras disciplinas, como la sociología (Mowery (1988), pág. 483), en las cuales ya se había establecido el estudio del proceso de difusión<sup>98</sup>. Este tipo de consideraciones, señalan Lissoni y Metcalfe, sesgó los trabajos hacia la imitación, dejando en un segundo plano la selección (op. cit., pág. 106).

La investigación económica se centraba en confirmar y explicar una regularidad empírica: las innovaciones, que se suponían ventajosas en comparación con las tecnologías existentes, no eran inmediatamente adoptadas por todos los usuarios potenciales; al contrario, siempre se producía un lapso de tiempo, frecuentemente considerable, entre que la innovación aparecía en el horizonte tecnológico y se adoptaba por el primer grupo significativo de usuarios. Otro periodo relativamente largo de tiempo seguía en el cual la innovación se iba adoptando gradualmente por todos los agentes relevantes. De aquí resultaba la curva en forma de “ese”, la trayectoria de difusión como una curva sigmóidea.

A finales de los setenta, los economistas habían acumulado mucha evidencia empírica sobre la curva en forma de “ese” y sus correspondientes “hechos estilizados”, a saber: que la velocidad de difusión difiere ampliamente entre innovaciones, sectores, países y regiones. Se encontraron algunas variables significativas que explicaban estas diferencias en las velocidades de difusión, sobre todo dos: el rendimiento de la adopción y el tamaño medio de la empresa.

Pero surgieron dos problemas importantes: a) el significado económico de muchas variables explicativas no quedaba claro; b) no se había investigado sobre los efectos de la difusión, tanto en la estructura de mercado como en las repercusiones macroeconómicas, lo cual generó más investigación y nuevos enfoques teóricos.

Así, las modernas aproximaciones se preocupan menos de las curvas de difusión y más de articular los mecanismos dinámicos subyacentes. Muchas de las fuerzas que dan forma al desarrollo de una tecnología dependen de incentivos y mecanismos que influyen en las pautas de difusión, con lo cual las tecnologías evolucionan conjuntamente con las pautas de aplicación económica y social. Por otra parte, el medio en el cual una tecnología se difunde consiste en otras tecnologías que también están en un proceso de difusión. Así, la compatibilidad, la interrelación y el desarrollo conjuntos surgen como temas importantes en la moderna teoría de la difusión.

Por último, el análisis de una innovación independiente ha dejado de considerarse la forma más adecuada de enfocar el problema, puesto que esto impide evaluar tasas de difusión para múltiples innovaciones en el tiempo. Porque lo que se difunde es una secuencia de innovaciones

---

<sup>98</sup> Uno de los trabajos “modernos” --porque la primera edición data de 1962-- más citados sobre la difusión dentro de la sociología es Rogers (1983).

dentro de un diseño que va variando también en función de su respuesta a la competencia y a las complementariedades<sup>99</sup>.

#### *4. Los estudios pioneros: la difusión como problema relacionado con la información y el modelo epidemiológico*

Como se ha señalado, los primeros trabajos que estudiaron la difusión se realizaron en el ámbito de la sociología, la psicología y otras disciplinas, en problemas aplicados a la agricultura, la medicina y la educación. En estas visiones se suponía que las innovaciones superaban a las alternativas antiguas, y que los que adoptaban con posterioridad, habrían estado mejor de haberlo hecho antes. Entonces, ¿por qué no adoptaron antes?

La explicación del retraso residía en problemas vinculados con la información relativa a la nueva tecnología. La adopción de ésta presenta riesgos e incertidumbres. A medida que la nueva tecnología se va difundiendo, la información disponible aumenta y ello acelera a su vez la ulterior difusión. Como se ve, pues, la difusión se veía como imitación y su velocidad dependía de los problemas de comunicación.

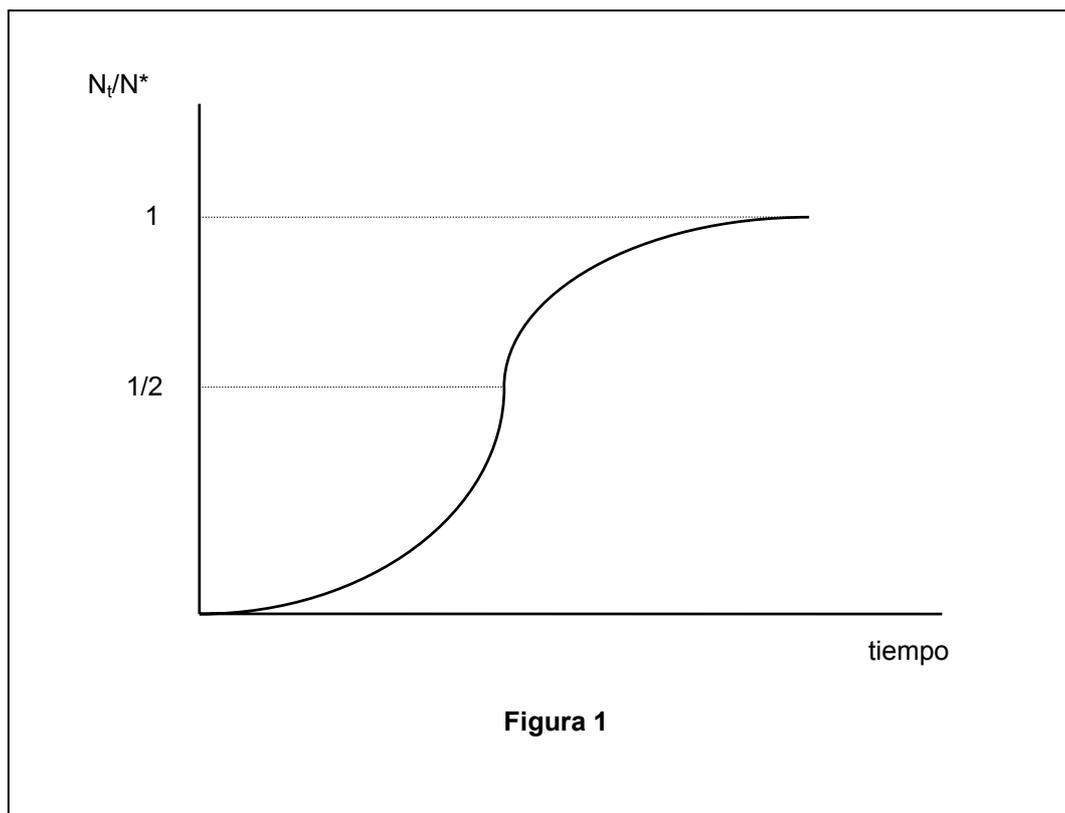
Se suponía que la información sobre las características de la nueva tecnología se transmitía boca a boca y se establecía una analogía con la difusión de una epidemia. Además, en este tipo de visiones se analizaba la pauta de difusión de una innovación única y en cómo evolucionaba ésta con el paso del tiempo.

Así, se tiene una población de adoptantes potenciales,  $N^*$ , y un número de adoptantes efectivos,  $N_t$ . La probabilidad de que un agente “sano” se “infecte” depende del número de “infectados”. A medida que el tiempo pasa, el número de estos últimos se va incrementando. La senda temporal del proceso de difusión (o infeccioso) queda recogida en la curva sigmóidea o en forma de “ese”<sup>100</sup>, tal como se aprecia en la **figura 1**.

---

<sup>99</sup> Al respecto, ver Rosenberg (1993d). Sobre algunos de los problemas que presentan los modelos antiguos de difusión, vid. Mowery (1988), o.c. pág. 485. Volveremos sobre ellos más tarde, en todo caso.

<sup>100</sup> Concretamente, la curva sigmóidea se llama logística cuando es simétrica, en el sentido de que el punto de inflexión se produce en el 50 por ciento de la población (Hall (1994), pág. 96).



Este tipo de visiones de la difusión tácitamente dejan ver que las variables que explican el proceso son sociológicas o psicológicas, más que estrictamente económicas, y lo que explica la velocidad de difusión es la eficiencia en las redes de comunicación y no el atractivo económico de la innovación (por ejemplo, los rendimientos que puedan obtenerse de ella).

Sin embargo, en 1957 y en 1961 se publican dos trabajos que marcan la entrada en escena de los economistas en el ámbito de la difusión. Los autores son, respectivamente, Griliches y Mansfield<sup>101</sup>. El primero tratará de la difusión de un producto agrícola: el maíz híbrido, mientras que el segundo estudiará doce innovaciones industriales en los EE.UU. Ambos autores utilizan un método econométrico en dos etapas para realizar su estudio<sup>102</sup>.

Debe hacerse notar que desde que la economía se preocupa de estas cuestiones, ha habido un fuerte sesgo a favor del estudio de las innovaciones de procesos (o de productos que son bienes de equipo), no de productos de consumo<sup>103</sup>. Primero, porque las explicaciones de tipo sociológico son menos aplicables, y porque, de hecho, lo más relevante de la difusión, esto es, los efectos sobre la productividad y el crecimiento se pueden estudiar mejor cuando se trabaja con

<sup>101</sup> Vid. Griliches (1957) y Mansfield (1961). El segundo de estos dos trabajos se puede consultar en Mansfield y Mansfield (eds.) (1993), cap. 16 y también en Mansfield (1995), capítulo 1 del segundo volumen. Es también interesante consultar Griliches (1958), reproducido en Mansfield y Mansfield (eds.) (1993) como capítulo 4.

<sup>102</sup> Un examen *in extenso* de Mansfield (1961), más accesible que el artículo original, puede consultarse en Clarke (1993), págs. 231-237.

<sup>103</sup> No obstante, una exposición de un modelo formal de difusión a partir de una curva logística, aplicada a un bien de consumo duradero, puede verse en Hall (1994), págs. 91-105.

innovaciones que afectan a procesos o bienes de equipo. Asimismo, tiene sentido equiparar en este tipo de innovaciones su atractivo con el rendimiento económico vinculado a la adopción.

A partir de estos trabajos han ido surgiendo diversas líneas principales de investigación acerca de la difusión de las innovaciones, cuya revisión será el objetivo del próximo epígrafe.

### *5. La investigación moderna sobre la difusión de las innovaciones: corrientes principales*

Varias son las líneas de investigación más significativas surgidas después de los trabajos pioneros de Griliches y Mansfield. En esta sección se describen las características principales de los nuevos modelos que tratan la difusión<sup>104</sup>.

#### **5.1. Búsqueda de variables que explican la velocidad de difusión.**

Trátase de buscar nuevas variables independientes en la regresión a partir de la cual se explica la velocidad de difusión<sup>105</sup>. Dentro de esta nueva vía se ha hecho especial hincapié en variables relacionadas con la estructura de mercado del sector. El resultado esperado es que a mayor competencia, mayor velocidad de difusión, puesto que un mayor nivel de competencia estaría ligado a empresas más parecidas entre sí, con lo que podrían tener un ritmo de adopción de las innovaciones semejante. Los resultados, empero, no son concluyentes y se ha demostrado que no son muy sensibles a la elección de diferentes medidas de difusión.

Otras variables de las que se estudia su impacto sobre la difusión son el tamaño de la empresa, el crecimiento de la demanda, etc. (Mowery (1988), pág. 488).

En esta línea de investigación también se encuentran comparaciones interregionales e internacionales.

#### **5.2. Búsqueda de funciones de trayectorias de difusión alternativas.**

Lo que aquí se pretende es encontrar funciones más adecuadas que la curva sigmoidea logística para mostrar las trayectorias de difusión, funciones que se compadezcan mejor con los datos empíricos. Concretamente, existen otro tipo de curvas sigmoideas asimétricas que surgen de funciones que parece ajustan mejor los datos empíricos que la función logística --que es simétrica-- y pueden tratarse como curvas de difusión más adecuadas. Ejemplos de estas funciones son la Gompertz, la exponencial modificada y la lognormal acumulativa.

---

<sup>104</sup> En Stoneman (1987a), capítulos 6 y 7 puede encontrarse una exposición formal de algunos de los modelos que aquí se comentan. También en Stoneman (1987b), de una forma algo más resumida.

<sup>105</sup> Esto se corresponde con la segunda etapa del método de estimación econométrica de Griliches y Mansfield.

Este tipo de trabajos poseen una raíz empírica, pero están íntimamente relacionados con teorías de la diseminación de información. En los modelos epidemiológicos, la fuente de información de los agentes es exclusivamente interna, puesto que proviene de las empresas previamente adoptantes, que forman parte de la población relevante --de ahí su carácter de "interna"--, y de nadie más. Éste es un supuesto fuerte, puesto que, por ejemplo, los productores de innovaciones tienen medios para difundir las características de la tecnología que producen (por ejemplo, la publicidad y otras técnicas del marketing), que sería una fuente externa. Y esto es relevante, puesto que algunos trabajos han demostrado (vid. Lissoni y Metcalfe (1994), pág. 112) que en presencia de fuentes de información externas, la senda de difusión se verá afectada positivamente.

### **5.3. El enfoque del equilibrio.**

Aquí se incluyen unos trabajos que cuestionan el método bietápico que tiene su origen en los trabajos ya mencionados.

Se cuestiona el método porque se supone que en él se subvalora el papel que juega la rentabilidad de la adopción a la hora de explicar el fenómeno<sup>106</sup>. Además, la rentabilidad de la adopción se debe incluir en un plano microeconómico, porque es probable que lo que explique las diferencias de conducta entre las empresas radique en sus características individuales.

Esto supone una crítica frontal a los modelos bietápicos, que actúan con medidas de posición central. Además, la rentabilidad es probable que cambie en el tiempo --los estudios en dos etapas utilizaban medidas de la rentabilidad de la adopción y otras variables explicativas invariables en el tiempo-- merced a los efectos del proceso de aprendizaje, a la aparición de innovaciones incrementales y a las realimentaciones que la difusión ocasione en los precios relativos.

Este tipo de aproximaciones sugieren la posibilidad de estudiar la velocidad de difusión como la agregación de adopciones individuales, obtenidas a partir de las decisiones microeconómicas de las empresas. Nótese que esto implica acabar de hecho con una teoría de la difusión desligada de los fundamentos microeconómicos del problema.

Dos supuestos básicos caracterizan los diversos análisis pertenecientes a este enfoque: en primer lugar, se produce un rechazo de la idea de que la variable clave en la explicación de la

---

<sup>106</sup> Señala Mowery (o.c., págs. 483 y s.):

Los economistas han desarrollado dos amplias aproximaciones a la hora de explicar la pauta gradual característica de la adopción de innovaciones: la primera pone el énfasis en el papel de la incertidumbre y la información imperfecta en las decisiones de las empresas y los individuos a la hora de adoptar innovaciones, y la segunda incide en el papel de las diferencias en los rendimientos de la adopción dentro de la población de adoptantes potenciales.

Este párrafo podría constituir el mejor resumen de las múltiples teorías de la difusión.

difusión sea la diseminación de la información; en segundo, se supone que las empresas se comportan de forma óptima, en el sentido de que la decisión de adoptar o no depende del rendimiento que pueda esperarse de ellas: en un momento dado del tiempo, aquellas empresas para las cuales la adopción es rentable la adoptarán. Es decir, si una empresa no adopta no es porque carezca de información sobre la innovación, sino porque espera la fecha precisa u óptima para hacerlo. Este segundo supuesto es restrictivo, porque supone que las empresas operan en ausencia de incertidumbre.

Dentro de este enfoque del equilibrio pueden distinguirse básicamente tres tipos de modelos diferentes, cuyas particularidades se exponen a continuación:

### Los modelos Probit o umbral

Este tipo de modelos rechazan categóricamente la idea de que la difusión es un proceso ligado a la falta o a la imperfección de la información. Al contrario, el hecho de que la adopción no sea instantánea se debe a que la primera aparición de una innovación no es necesariamente superior a las tecnologías preexistentes para todas las empresas potencialmente adoptantes.

El origen de estos modelos hay que buscarlo en un trabajo de finales de los setenta, realizado por Davies, quien a su vez parte de una formulación que se había popularizado a partir de unas investigaciones de David anteriores en unos años (vid. Lissoni y Metcalfe (1994), pág. 115). En Davies se partía de la similitud existente en la conducta de los compradores de nuevos bienes de consumo duraderos con las decisiones de adopción por parte de las empresas de innovaciones tecnológicas incorporadas en bienes de producción.

Los modelos Probit se basan en la independencia de los gustos individuales y en la toma de decisiones como un proceso individual, lo cual excluye toda relación con los modelos epidemiológicos, en los que la conducta de un adoptante previo influye en la del posterior.

Se les llama modelos Probit porque esta técnica econométrica es la utilizada en el estudio de las ventas de bienes de consumo duraderos y en este tipo de modelos de difusión del cambio técnico incorporado.

La variable relevante en estos modelos es el tamaño de la empresa. Las primeras empresas que adoptan la innovación --los nuevos bienes de equipo-- son las más grandes, puesto que existe un tamaño crítico (o umbral, y de ahí el otro nombre) para la empresa a partir de la cual la adopción se convierte en rentable, por debajo del cual se prefiere la tecnología preexistente. Con el tiempo, el tamaño crítico tiende a reducirse, con lo cual empresas más pequeñas pueden pasar a convertirse en adoptantes.

Es decir: la única fuerza que explica la difusión es la heterogeneidad de las empresas potencialmente adoptantes: cuanto más parecidas sean las empresas mayor será la velocidad de

difusión. No existe incertidumbre: las empresas conocen a cuánto ascienden los beneficios de la adopción. Las empresas deciden esperar si esos beneficios no son suficientes.

Se ha ensayado muchas variedades de este tipo de modelos, basados siempre en los mismos hechos fundamentales. Por ejemplo, se ha tenido en cuenta el efecto del aprendizaje por la práctica: a medida que la difusión se produce, se fabrican más bienes de equipo, con lo que el coste marginal en su producción se reduce. Si esta bajada se traslada a precios se realimenta el proceso de difusión, puesto que el tamaño umbral de la empresa se reduce. Así, cuanto más competencia exista en el sector de producción de bienes de equipo más rápidamente se producirá el proceso de difusión<sup>107</sup>.

### Los modelos de aprendizaje bayesianos

No rechazan que la diseminación de información tenga relación con el proceso de difusión, pero se excluye cualquier información directa boca a boca entre los adoptantes potenciales.

De hecho, la falta de información se convierte en la principal razón para explicar los retrasos de adopción<sup>108</sup> sin perder las características básicas de los modelos Probit: ahora bien, la fuente de heterogeneidad entre las empresas no es tanto el tamaño, sino la actitud de la dirección de la empresa hacia la innovación.

La innovación posee un valor incierto: se supone dos escenarios: uno “bueno”, ligado a una adopción rentable; otro “malo”, ligado a un resultado desfavorable, a una pérdida.

Los directivos mantienen diversas creencias, que se reflejan en diferentes distribuciones de probabilidad, subjetivas, con respecto a los dos escenarios.

En un momento dado del tiempo, el directivo revisa su creencia inicial en la innovación, según los resultados de experimentos ejecutados con vistas a probar la innovación. Estas fuentes de información son externas a la población de posibles adoptantes, con lo que estos modelos no tienen nada que ver con los epidemiológicos.

En cuanto a los resultados de este tipo de modelos, se puede indicar que a menos que los experimentos arriba mencionados se hagan públicos y no impliquen costes, nada garantiza que las empresas más optimistas o mejor informadas adopten antes, que las pautas ordenadas de difusión provengan de elecciones individuales racionales.

La principal crítica que se hace tanto a estos modelos como a los Probit recalca la estrechez de su concepto de innovación: una simple pieza de maquinaria, con impactos pequeños sobre los costes de producción y la capacidad de las empresas. Así, los adoptantes se supone

---

<sup>107</sup> Un ejemplo concreto de modelo Probit puede verse en Hall (1994), págs. 268 y ss.

<sup>108</sup> Puede consultarse un modelo de difusión intrafirma que incluye aprendizaje bayesiano, propuesto por Stoneman, en Hall (1994), págs. 187 y ss.

que no incrementan su producción ni lo harán en el futuro inmediato, lo que sugiere que los beneficios adicionales generados de la adopción son insuficientes para incrementar su capacidad.

#### Los modelos basados en la teoría de juegos

Comparten con los Probit la idea de la ausencia de significatividad de la imperfección de la información a la hora de explicar la difusión de las innovaciones.

Esta aproximación empezó a aplicarse por J. Reinganum a principios de los ochenta. El objetivo es relacionar la difusión con el comportamiento estratégico de las empresas.

La característica remarcable de estos modelos es que, en presencia de comportamiento estratégico por parte de las empresas, la heterogeneidad de las mismas deja de ser necesaria para explicar el proceso de difusión. Bajo ciertas condiciones, empresas iguales pueden adoptar en fechas diferentes.

Los modelos basados en la teoría de juegos sustituyen los tradicionales rendimientos decrecientes de la adopción por rendimientos crecientes. Esto implica que la innovación ya no es un simple bien de capital, sino algo más amplio: la nueva tecnología como un conjunto de sistemas relacionados, habilidades humanas, etc. Pueden darse externalidades positivas --a las que se suele denominar externalidades de red, porque se derivan del ya citado conjunto de sistemas relacionados-- en la adopción: a mayor adopción de nueva tecnología, mayores beneficios esperables de la adopción, puesto que el riesgo de adoptar una tecnología no compatible disminuye. En las primeras etapas de la difusión de una nueva tecnología, aparecen varios diseños que pueden competir entre sí, entre los cuales puede surgir uno dominante que reemplaza la antigua tecnología y desplaza a sus alternativas contemporáneas.

Una crítica que se ha realizado en general a los modelos de teoría de juegos es que no explican el porqué de la secuencialidad de la adopción, sino que suponen ésta y lo que pretenden es explicar sus consecuencias.

#### **5.4. El enfoque del desequilibrio o enfoque evolucionista.**

Aquí se intenta ensanchar el ámbito de investigación que proviene de Griliches y Mansfield. Se subraya que ese tipo de investigación ignora el papel de la selección, los efectos de la difusión de la innovación en la estructura de mercado, la competitividad de las empresas y el crecimiento económico

Una característica de estos modelos es que las pautas ordenadas de difusión no requieren que las empresas se comporten de forma óptima, sino que a veces el origen de que una tecnología se difunda y se imponga a otras alternativas, incluso superiores a la "triumfante", puede ser algún factor de tipo aleatorio.

Entienden, por otra parte, que las tecnologías son bastante más que componentes simples, como unos nuevos máquina o material, y que incorpora cuestiones relativas a la organización y a la cultura de la empresa.

Se considera asimismo que la difusión es un proceso que afecta a muchas variables y a muchos procesos; que las tecnologías operan en forma de sistemas; y que el proceso de difusión puede ser entendido mejor cuando se estudia más de una innovación --un sistema con las interrelaciones entre sus componentes-- y se utiliza más de una medida de difusión.

Las pautas de difusión ligadas a tecnologías de mayor importancia, las que originan bloques de tecnologías relacionadas e innovaciones incrementales subsiguientes, muestran una mayor lentitud en su difusión.

Se pueden distinguir dos grandes tipos de enfoques en este apartado.

#### La difusión entendida como un proceso de selección

Esta aportación está ligada al nombre de Nelson, que es el autor evolucionista más conocido.

Si los modelos de equilibrio se suelen ceñir al concepto de tecnología como un bien de equipo, en este tipo de visiones evolucionistas la tecnología es algo más que un bien de equipo o un nuevo material, puesto que incorpora además elementos culturales y organizativos de la empresa, se subraya el papel del conocimiento, de las habilidades del factor trabajo, etc. La adopción de tecnología deja de percibirse como un fenómeno discreto --la compra de una máquina, por ejemplo-- para pasar a entenderse como un proceso amplio en el cual la empresa cambia su organización y su cultura. Se ha llegado a decir que cada empresa representa una tecnología diferente, por las causas apuntadas.

Los modelos de selección son básicamente de dos tipos. Los primeros, más sencillos, suponen que la difusión no se explica por la imitación. Ésta no se produce, sino que sólo se da selección. Esto es, las empresas con tecnologías superiores reinvierten sus beneficios extraordinarios<sup>109</sup> e incrementan su capacidad y su cuota de mercado. Las empresas que no pertenecen a esta categoría obtienen pérdidas y o bien abandonan o reducen su cuota. Lo que explica la difusión de la tecnología es sólo el incremento de la cuota de mercado de sus adoptantes. Este tipo de modelos reproducen las pautas de difusión observadas y explican los cambios subyacentes a la estructura de mercado y a las pautas de distribución de la renta de los diferentes sectores.

Existe una tendencia a un crecimiento más y más concentrado. Sólo el continuo flujo de innovaciones que se produce en los países desarrollados es capaz de restaurar la variedad

---

<sup>109</sup> Nótese la raíz schumpeteriana de estas visiones que ignoran el supuesto de mercados competitivos.

tecnológica que permita la aparición de nuevos entrantes y que los rezagados puedan continuar merced a la utilización de esas nuevas tecnologías.

Existe otro tipo de modelos más complicados que combinan la selección y un proceso de imitación. En estos modelos las tecnologías pueden ser continuamente mejoradas por los usuarios. En la medida en que estas mejoras se produzcan a diferentes tasas, la ventaja existente de una tecnología sobre las otras se verá continuamente desafiada. Así, las tecnologías no sólo se distinguen por sus características estáticas sino por la posibilidad de que puedan desarrollar mejoras. Junto a esto, las empresas pueden diferir en su capacidad imitativa o innovadora.

Cuando la innovación se difunde genera externalidades, en forma de ganancias de productividad tanto para los adoptantes como para los que no lo son. Esto se da junto con las ventajas que obtiene el adoptante. Las mejoras en la productividad cambian en el tiempo y los precios de las innovaciones caen.

Estos modelos explican unas pautas de difusión de tipo sigmóideo. Y también demuestran que no siempre los primeros adoptantes consiguen mejores resultados que los imitadores inmediatamente subsiguientes, que se pueden beneficiar tanto de las ganancias en la productividad como de la caída de los precios de la tecnología.

#### La difusión entendida como un proceso dependiente de una trayectoria

Este enfoque estudia la competencia que se entabla entre diferentes tecnologías y comparte algunas de las conclusiones a las que llegan los modelos de teoría de juegos acerca de las externalidades de red. También supone como dada la secuencialidad, explicando sus consecuencias, no sus causas.

Este tipo de modelos trabajan con teorías de probabilidad bastante complejas. Su aparición es reciente, de finales de los ochenta.

Utilizan, por ejemplo, esquemas de urna de Polya, una técnica aplicable a poblaciones infinitas, con lo que este tipo de modelos se adecúan bien a definiciones de tecnología definidas de una forma muy amplia, o a estándares que compiten entre sí relativos a unas tecnologías ampliamente usadas<sup>110</sup>.

En estos modelos aparecen rendimientos crecientes durante un período dilatado de tiempo y derivan no sólo de las externalidades de red, que son de corto plazo, sino también de fenómenos extensivos de progreso técnico acumulativo y localizado.

Cuando compiten diversas tecnologías entre sí, tarde o temprano se acaba imponiendo una de ellas y dominando el mercado. Esta tecnología vencedora llega a serlo en función de que

---

<sup>110</sup> Una exposición más detallada de los esquemas de Polya, dentro de este tipo de modelos, puede consultarse en Hall (1994), págs. 273 y ss.

los primeros adoptantes la escogieron en virtud de sus propias preferencias. Así, el proceso de difusión puede entenderse como un proceso que depende de las decisiones de adopción que hayan efectuado los primeros adoptantes --y estas primeras decisiones pueden considerarse un hecho aleatorio--, que determina una senda o una trayectoria para el proceso de difusión. De ahí el nombre de estos modelos.

La pregunta que enseguida surge es: ¿por qué los imitadores optan por la misma tecnología que los pioneros? Por la razón de que existen unos beneficios ligados a la adopción de tecnología que son función creciente del número de adoptantes. Así, cuantos más sean éstos más se beneficiará un nuevo adoptante al escoger la tecnología considerada.

De esta forma, las preferencias de los pioneros son muy relevantes en los procesos de difusión. Y estas preferencias pudieron representar accidentes históricos.

Este tipo de conducta permite que nada asegure que la mejor de las alternativas tecnológicas disponibles, la que posea mayores potencialidades de desarrollo en el largo plazo, sea la que acabe imponiéndose. Éstas pueden ser abandonadas prematuramente en beneficio de opciones inferiores por preferencias de corto plazo de los primeros adoptantes.

Y aquí surge el papel de la política tecnológica de difusión: el que pueda evitarse que tecnologías subóptimas puedan llegar a imponerse. El papel de las políticas de difusión está en los primeros estadios de ésta, cuando las acciones de la autoridad pública pueden influir en las preferencias de los agentes, ya sea mediante imposición de estándares, compras de tecnología o regulación.

Sin embargo, nada garantiza que los técnicos del gobierno puedan conocer mejor las características de cada tecnología que los agentes privados. Esto es, que el fallo de mercado puede no ser solucionado y ser sólo reemplazado por un fallo del gobierno. Y se produce un dilema entre esperar antes de intervenir, para recopilar información y actuar antes de que el sistema se ponga en marcha y pueda generarse el problema. Una política útil puede consistir en apoyar varias alternativas durante un tiempo con el fin de permitir a cualquiera de ellas que pudiera ser la superior que revele sus potencialidades de largo plazo.

Aparte de las líneas aquí recogidas, también se han producido algunas reflexiones sobre el tema en un tipo de análisis que combina la economía y la historiografía. Resulta interesante la aproximación de Rosenberg (en las referencias recogidas en nota 1), que analiza el papel que sobre la difusión desempeña el gradualismo propio de la actividad inventiva, las mejoras incrementales que experimenta una innovación después de su introducción, las mejoras de las tecnologías antiguas que pueden explicar su subsistencia, el desarrollo de habilidades técnicas entre los usuarios (el ya mencionado aprendizaje por el uso), el aprendizaje conseguido en la fabricación de máquinas, que abarata el coste (aprendizaje por la práctica) y facilita el proceso de difusión, el análisis de las complementariedades entre diversas técnicas dentro del proceso

productivo y el papel del marco institucional a la hora de explicar el éxito de la difusión de una nueva tecnología.

Uno de los aspectos más destacados en el análisis que Rosenberg efectúa acerca del “retraso” en la adopción tiene que ver con el papel de las expectativas. Su análisis se refiere a las innovaciones de proceso, incorporadas en bienes de equipo. En efecto, el hecho de que una empresa decida adoptar o no una innovación, por muchas ventajas que ésta pueda presentar sobre el papel, dependerá de la previsión que el empresario pueda realizar acerca de determinadas cuestiones, como por ejemplo la posibilidad de que las viejas tecnologías puedan presentar mejoras. Rosenberg destaca además que en períodos en que el cambio técnico es rápido lo que puede suceder, contra todo pronóstico, es que la velocidad de difusión se reduzca (Rosenberg (1993d), pág. 123). En efecto, si el empresario sabe que la inversión que va a hacer hoy puede quedar obsoleta mañana, es probable que sea renuente a invertir esperando una opción mejor. En general, para cualquier tecnología, la probabilidad de retraso en la adopción se incrementa cuanto más se espere una reducción en su precio futuro y en la posibilidad de que se produzcan mejoras ulteriores.

#### *6. La dimensión espacial del análisis de la difusión*

El proceso de difusión puede estudiarse en función del territorio. Es decir, cómo se produce la difusión no tanto en el tiempo, sino en el espacio. Y esto tanto desde una perspectiva internacional o interregional --por qué o cómo en unos países o regiones la difusión se produce antes o después.

Análisis espaciales se han realizado tanto desde los enfoques del equilibrio como de los evolucionistas.

En algunos análisis se exploran las causas de por qué la velocidad de difusión varía entre diversas áreas geográficas, pero sin que se suponga la existencia de vínculos entre estas diversas áreas, que se consideran aisladas entre sí. Este enfoque es el más simple y se aplica al estudio de determinadas innovaciones en sectores concretos. Algunos de los trabajos de este tipo (vid. Lissoni y Metcalfe (1994), pág. 127) subrayan la ausencia de diferencias significativas entre las tasas agregadas en la difusión de innovaciones de proceso entre regiones, y la existencia de tales diferencias sólo por la capacidad de las empresas a la hora de ofrecer innovaciones de producto.

Otro tipo de trabajos --cuyas primeras aportaciones se han producido en el ámbito de la geografía y que surgen en los años cincuenta-- comparan la difusión de la misma innovación en áreas diferentes, pero preguntándose por qué algunos agentes identificados por su localización en el espacio siempre adoptan más tarde que otros. Este tipo de enfoque se ha aplicado más a las diferencias entre regiones de un mismo país que entre países distintos. Llegan a la conclusión de que las innovaciones se introducen por primera vez en centros urbanos importantes, y a partir de

ahí se difunden hacia áreas más pequeñas, presentando la trayectoria de la difusión espacial una curva sigmoidea. Este tipo de aportaciones tienen relación con el modelo epidemiológico donde los flujos de información entre áreas son los responsables de esta pauta de difusión. Trabajos más recientes cuestionan tanto la existencia de algún orden espacial que tenga que ver con la cantidad de población en cada zona geográfica como la relevancia empírica de la información como fuerza conductora del proceso de difusión. La cuestión de las redes de comunicación entre centros poblacionales debe ser complementada con índices que midan el papel de la heterogeneidad de las empresas y la existencia de infraestructuras complementarias.

Otra línea de investigación incide en la relación entre el factor espacial y la competitividad. En efecto, en la medida en que la innovación afecta a la competitividad de las empresas, las diferentes velocidades de difusión pueden generar problemas de pérdida de competitividad en los territorios (naciones, regiones...) en que abundan relativamente las empresas que adopten con más lentitud. El supuesto de que estas últimas no están distribuidas aleatoriamente en el espacio parece bastante asumible. Además, esto será tanto más relevante cuanto más abiertas sean las economías.

Como puede apreciarse, este enfoque de la difusión tiene puntos de contacto tanto con la teoría de la localización como con la del comercio internacional. Este tipo de visiones tiene que ver con las economías de aglomeración como externalidades positivas que se producen en determinadas áreas geográficas de empresas pequeñas y medianas que pueden ser más competitivas que otras mayores<sup>111</sup>. En estas zonas se puede difundir muy rápidamente la información concerniente a las innovaciones, por razones que van desde las relaciones de subcontratación que existen entre las diversas empresas de la zona hasta la vida social de una comunidad concreta que multiplica el intercambio de información.

Con todo, hay críticas a la idea de que resulte imprescindible la proximidad física entre empresas para asegurar el proceso de difusión, máxime en un mundo en el que las tecnologías de la información permiten conectar en tiempo real a empresas que pueden estar en los antípodas.

### *7. El ciclo de vida del producto*

Relacionado con el tema de la difusión se encuentra el concepto de ciclo de vida del producto (CVP, en adelante).

---

<sup>111</sup> Mucha de la investigación en este ámbito se ha referido al caso de los famosos distritos industriales italianos.

El CVP surgió a mediados de los sesenta, de la mano de Vernon, como una explicación o como una teoría del comercio internacional<sup>112</sup>, pero puede aplicársele una lectura relativa al concepto de difusión. De la difusión de un bien de consumo a lo largo del tiempo.

La idea que subyace a esto es que un bien aparece en el mercado y observa un determinado comportamiento de sus ventas a través del tiempo. Si se utiliza un gráfico donde en el eje de abscisas esté representado el tiempo y en el eje vertical el valor real anual del gasto en ese producto, podremos obtener una figura sigmóidea, en forma de “ese”, tal como la **figura 1** de más arriba, que muestra el comportamiento temporal de las ventas de ese bien.

Nótese, pues, cómo el CVP implica un determinado patrón de difusión del producto en cuestión.

Al principio se supone que el bien es una innovación “radical” que irá presentando mejoras “acumulativas”, “incrementales” a medida que avanza su vida. Por eso, cuando se estudia el CVP se puede poner énfasis en las características de los “adoptantes” de ese bien, en este caso de los compradores en cada una de las etapas que posee el ciclo --por ejemplo, el grado de aversión a la incertidumbre que siempre surge cuando se trata de adquirir un producto nuevo permite clasificar a los consumidores en diversas categorías, incluyendo aquí también su nivel de renta, puesto que para una persona con mayores ingresos la compra posee un menor nivel de riesgo, toda vez que el precio del producto supone una menor cuota de sus ingresos--. Asimismo en la naturaleza de la información que los consumidores necesitarán en cada una de las fases del CVP --en las primeras fases, los primeros compradores requieren determinados conocimientos para evaluar lo que el producto les va a ofrecer; más adelante, en cambio, a medida que la naturaleza, características y prestaciones del producto van siendo conocidas por una mayor parte de los consumidores potenciales y habiendo más variedad y más diversificación del producto, el problema para muchos consumidores se reduce a uno de evaluación de las diferentes alternativas que tiene ante sí--.

Este tipo de planteamiento permite tratar el CVP dentro del modelo epidemiológico, ya tratado.

En Freeman y Soete (1997) se relaciona el CVP con cuatro variables y se ofrece un análisis del modelo dentro de las aportaciones más tradicionales al vincularlo al tema del comercio internacional.

Estos autores (pág. 357) señalan, siguiendo las tesis evolucionistas, que las mejoras en las tecnologías siguen una trayectoria natural o tecnológica en las que se van introduciendo pequeñas mejoras, con lo que la tecnología dentro de las diversas fases del CVP va variando. Las mejoras al principio son pequeñas, luego se incrementan y más tarde vuelven a caer, siguiendo la ley de

---

<sup>112</sup> En Callejón (1987) puede encontrarse una exposición interesante del CVP bajo este punto de vista, vinculado al tema de la política industrial. Aquí sólo se tocará de pasada este aspecto.

Wolff de los rendimientos decrecientes de la inversión en innovaciones incrementales. Esto significa que el imitador no siempre entra con la “misma” tecnología que el innovador.

El coste de entrar lo dividen en cuatro componentes, que varían en importancia a medida que la tecnología evoluciona a lo largo de las varias fases del CVP. Primero se verán éstas y luego se relacionarán con esas cuatro variables de coste.

Freeman y Soete distinguen cuatro fases dentro del ciclo de vida de un producto.

La primera fase es el período de la primera introducción del nuevo producto. Es un proceso de aprendizaje para los diseñadores, ingenieros de producción, trabajadores, directivos, distribuidores y consumidores. El éxito no está garantizado y algunos productos (o empresas) pueden ser eliminados si el mercado no queda satisfecho.

La segunda es el período de crecimiento del mercado. El producto ha sido definido y el mercado lo ha encontrado adecuado. Aquí lo predominante es el proceso de producción. El diseño de la planta se convierte en importante y se van produciendo mejoras sucesivas (incrementales) tanto en el propio producto como en los procesos de producción del mismo, en aras a conseguir mejoras en productividad y producción. Los problemas científicos y tecnológicos se van gradualmente solucionando.

La tercera viene caracterizada porque las principales condiciones han quedado claramente establecidas. El tamaño del mercado y la tasa de crecimiento son conocidos, las relaciones entre proceso y producto han sido optimizadas en un sentido ingenieril, y la dirección de las sucesivas innovaciones incrementales para mejorar la productividad son percibidas con claridad. Aquí el objetivo es la gestión de la firma en lo tocante a su crecimiento y al incremento de su cuota de mercado. Empresas que han sobrevivido a fases anteriores pueden desaparecer aquí.

La cuarta es la fase de madurez, en la que tanto los productos como los procesos se estandarizan. Inversiones adicionales en mejoras tecnológicas presentan rendimientos decrecientes. Puesto que los *inputs* están fijados y establecidos, la ventaja en los costes de producción va hacia la empresa o localización que pueda garantizar los mayores ahorros en dichos costes. Por consiguiente podría suceder que las empresas establecidas relocalizaran algunas de sus plantas desde el final de la fase tercera. Las características de la fase de madurez también podrían llevar a que las empresas se concentraran en otras innovaciones e incluso a que vendieran la tecnología adquirida en las diversas fases anteriores en forma de licencias y contratos de *know-how*.

Las variables de costes que distinguen nuestros autores son cuatro. Se trata de variables umbral, que señalan mínimos: inversión fija mínima requerida; nivel mínimo de ventajas locacionales requeridas; conocimiento científico y tecnológico mínimo requerido; habilidades relevantes y experiencia mínimas requeridas. La segunda y tercera de estas variables tienen un comportamiento monótonamente decreciente y convexo a lo largo de las cuatro fases del ciclo de producto. La primera es monótonamente creciente, pero de tipo sigmóideo puesto que empieza

siendo convexa, tiene un punto de inflexión a mediados de la tercera fase del CVP y pasa a ser cóncava; por último, la cuarta es monótonamente creciente y convexa hasta mediados de la tercera fase del ciclo, donde alcanza un máximo y luego pasa a ser monótonamente decreciente, también de una forma convexa<sup>113</sup>.

Una determinada empresa puede entrar en la producción del bien en cuestión normalmente en la fase primera o en la cuarta, si bien los costes y los requerimientos son completamente diferentes. La primera requiere menos capital físico, pero mayor conocimiento científico y técnico. Entrar en la fase cuarta depende más bien de las tradicionales ventajas comparativas o locacionales, pero se requieren grandes inversiones en equipo y en compra de tecnología. Entrar aquí es más seguro que hacerlo al principio, al menos mientras no surjan otras innovaciones substitutivas en el mercado<sup>114</sup>.

Esta pauta de comportamiento se adecúa bastante bien a las observaciones empíricas de países --el caso de los NICs-- que desarrollan un sector industrial en productos maduros, donde sus recursos les permiten ser más competitivos, mientras que los países industrializados tienden a especializarse en industrias más modernas y de mayor base tecnológica. Y esto tanto más cuanto más industrializados están.

Acerca de la globalización de la tecnología, dos hipótesis se relacionan con el modelo del CVP, a saber (vid. Cantwell (1995), págs. 33 y ss.): la primera establece que las innovaciones casi siempre se producen en el país de origen de la empresa innovadora, normalmente cerca del lugar donde se encuentra la sede tecnológica de la misma; la segunda sostiene que la inversión internacional la llevan a cabo los líderes tecnológicos con el fin de aumentar su cuota en el mercado y la producción mundial. Cantwell sostiene que la primera de estas hipótesis no se cumple, no ya sólo en las tendencias actuales, sino acudiendo a la evidencia histórica (p. 34); la segunda debe ser, en cambio, reformulada, puesto que su poder explicativo ha disminuido. La hipótesis, que se mantiene en esta versión "reformulada" es la siguiente: los líderes tecnológicos son ahora la avanzadilla de la globalización de la tecnología, a través del desarrollo de redes internacionales, tanto intraempresas, para explotar el potencial diferencial de la localización en los centros extranjeros más eficientes, como interempresas, mediante acuerdos temporales --y dentro de ellos las *joint ventures*-- basados en la tecnología.

La teoría del CVP se centra en productos aislados a los que se supone independientes de los otros. Cada nuevo producto es una innovación radical que será mejorada incrementalmente. Sin embargo, en la realidad muchos productos surgen sobre otros, de forma interconectada dentro de sistemas tecnológicos. Los ciclos de productos se desarrollan, pues, dentro de familias amplias

---

<sup>113</sup> Para una explicación detallada del porqué de estas formas y su representación gráfica, vid. Freeman y Soete (1997), págs. 357-360.

<sup>114</sup> En Escorsa y Solé (1988), pág. 24 puede consultarse una tabla interesante donde se relaciona el tipo de competencia establecido prioritariamente entre las empresas en función de la fase del CVP en que se esté.

que evolucionan en relación con todo el sistema. Normalmente, el conocimiento, la experiencia y las habilidades requeridas en los varios productos de un sistema están en relación mutua y se apoyan entre sí. Esto es, se producen externalidades importantes.

Por estas razones se ha pasado de considerar el ciclo de vida del producto individual al concepto de paradigma tecnoeconómico. Éste es un concepto situado dentro del análisis evolucionista. Un paradigma tecnoeconómico es un conjunto de sistemas tecnológicos interrelacionados cuya evolución determina la del conjunto, con las repercusiones que ello genera sobre variables como el crecimiento, la competitividad internacional de una economía, el mercado de trabajo y la división internacional del mismo, etc.

Aparte de estas matizaciones se han hecho críticas importantes a la teoría del CVP, a la que se considera incapaz de explicar y predecir las pautas de la actividad innovadora de las empresas y los países, por al menos dos conjuntos de razones (vid. Dosi et. al. (1990), pág. 132): en primer lugar, porque las pautas de oportunidad y apropiabilidad tecnológicas y de acumulación de actividades innovadoras en empresas no son necesariamente las mismas en cada ciclo de vida del producto; la segunda razón es que, incluso en el caso de que la forma sigmóidea del ciclo de vida pueda observarse empíricamente en un determinado y aun importante número de sectores industriales, esa pauta temporal puede sólo reflejar grados cambiantes de apropiabilidad y/o elasticidades cambiantes de la demanda en función de la renta per cápita, más bien que la aceleración y luego desaceleración autónoma de la innovación de producto. Se da el caso de que en determinados bienes --por ejemplo, coches y televisión en color--, una vez que se ha llegado a la última fase y se ha producido la relocalización hacia países con menores costes de los factores de producción --singularmente trabajo--, es cuando se ha observado, como consecuencia de dicha relocalización, una marcada aceleración en la tasa de innovación de productos y procesos.

## *6. Algunas reflexiones de política económica*

En el presente epígrafe me limitaré a esbozar algunas cuestiones generales sobre las políticas de difusión y adopción.

La primera cuestión que se plantea es la necesidad o no de realizar algún tipo de política de difusión. Una primera justificación que surge a favor de tales políticas es que el mercado produce una difusión demasiado lenta y eso en sí mismo es malo. Pero este tipo de enfoque es cuestionable. Un argumento más razonable consiste en derivar teóricamente las características de una trayectoria de difusión óptima desde el punto de vista del bienestar y considerar la política como la forma de ajustar la trayectoria "de mercado" con la óptima (Karshenas y Stoneman (1995), pág. 290). Una vez establecida la necesidad o la oportunidad de una política hay que analizar qué tipo de medidas debe aplicarse o, si se prefiere, cuáles sean los instrumentos adecuados.

A partir de lo visto en los epígrafes anteriores se infiere que el tema de la difusión del cambio técnico es lo suficientemente amplio como para admitir una importante pluralidad de posibles recomendaciones de política. En general, puede argumentarse que según cuál sea la opción teórica que se considere relevante, así se preferirá un determinado tipo de actuación pública.

Básicamente dos son los instrumentos característicos que surgen al revisar la literatura sobre políticas de difusión (véase por ejemplo Stoneman (1987a, 1987b), Karshenas y Stoneman (1995), Metcalfe (1995), Mowery (1995)): las políticas de información --cuando la difusión se entiende como un proceso ligado al aprendizaje-- y las políticas de subsidios al coste de la tecnología --cuando, como a partir de los modelos Probit, la adopción es un proceso ligado a la "rentabilidad" que para cada empresa supondrá la adquisición de la nueva tecnología<sup>115</sup>. En términos generales, no se puede concluir que existan recomendaciones definitivas al respecto, puesto que el conocimiento que se tiene del fenómeno de la difusión es aún incompleto. Ahora bien, se escoja el instrumento que se escoja, hay que tener presente que las consecuencias resultan de amplio alcance y deben ser contempladas si se desea que la política cumpla con los objetivos propuestos. Así, un subsidio modifica las expectativas de la empresa a la hora de adoptar, porque altera las decisiones de otras empresas, porque puede incidir en el precio de los bienes de equipo, etc. A su vez, una política de información puede generar efectos comparables a éstos. Por otra parte, cada vez se tiene más presente que el proceso de difusión es muy distinto en cada caso ("microcomplejidad", tanto al nivel del sector como aun de la empresa), por lo que resulta difícil generalizar propuestas válidas para y aplicables a cualquier política de difusión.

---

<sup>115</sup> Aunque el censo de instrumentos no se limita a esos dos. Por ejemplo, Mowery (1995), pp. 531 y ss., agrega tres medidas adicionales: transferencia de tecnología de países extranjeros impuesta por los gobiernos, estándares técnicos y compras públicas.

*Sección cuarta: impactos del cambio tecnológico sobre el crecimiento, el mercado de trabajo y el comercio internacional*

## Capítulo ocho. Las relaciones entre el cambio técnico y el crecimiento económico.

### 1. Introducción

El objeto del presente capítulo consiste en presentar algunas de las relaciones establecidas entre el progreso técnico y el crecimiento económico, básicamente dentro del ámbito del análisis neoclásico. Como es natural, el tratamiento que este capítulo realiza no puede ser exhaustivo, sino que se ceñirá a algunos aspectos de especial importancia<sup>116</sup>. Reseñaré las ya clásicas aportaciones de Solow y otros acerca de los factores residuales e introduciré algunas cuestiones relevantes provenientes de lo que se ha denominado *nueva teoría del crecimiento económico*.

### 2. El análisis de los residuales: la repercusión del cambio tecnológico en los incrementos de la producción y de la productividad

Una de las explicaciones, ofrecidas a mediados del siglo XX, del fenómeno del crecimiento económico consistía en entenderlo como el resultado de una aceleración en la formación de capital en la economía. Así, el incremento de la productividad del trabajo se debía al incremento del capital por persona y el crecimiento económico requería una aceleración de la formación de capital para que el aumento de la ratio K/L pudiera tener lugar<sup>117</sup>. Este tipo de visiones, no obstante, entró en crisis cuando trabajos posteriores encontraron que el crecimiento de la productividad sólo era pobremente explicado por el mero incremento en el uso de los factores productivos.

En un trabajo ya clásico, Solow pretendió estudiar cuáles eran los determinantes del crecimiento de la productividad del trabajo, o si se quiere, de la renta per cápita<sup>118</sup>. Más concretamente, y en sus propias palabras (Solow (1957), pág. 312):

El nuevo surco que quiero trazar es una forma elemental de separar las variaciones en la producción per cápita debidas al cambio técnico de las que se originan en la disponibilidad del capital per cápita.

---

<sup>116</sup> No se entrará aquí por tanto en un resumen de la(s) teoría(s) del crecimiento. Para una exposición rigurosa y sistemática del tema, tanto desde una perspectiva neoclásica como evolucionista, se puede consultar el amplio capítulo siete de Hall (1994).

<sup>117</sup> Vid. Rostow (1956) como ejemplo de este tipo de planteamiento.

<sup>118</sup> Solow (1957). En Abramovitz (1956), este autor también contribuyó al “descubrimiento” de los factores residuales. Me ceñiré a Solow porque su trabajo ha resultado el más influyente en las teorías del crecimiento.

Su estudio abarca el periodo 1909-49 e incluye la economía americana en su conjunto, de la que se exceptúa el sector primario<sup>119</sup>. Parte, asimismo, de una función de producción Cobb-Douglas (C-D, en lo sucesivo) con rendimientos constantes a escala<sup>120</sup>, que puede ser expresada de la siguiente forma:

$$Q_t = A e^{\lambda t} K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

con A constante y el significado habitual para el resto de las letras. Si los factores se retribuyen según su productividad marginal, entonces  $\alpha$  representa la participación del capital en la renta nacional<sup>121</sup> (esto es:  $\alpha = rK/Q$ ). Una vez determinado el significado de ese valor, resulta posible calcular la importancia del tiempo en la determinación de la producción. En efecto, el incremento de ésta se deberá a incrementos en las cantidades utilizadas de factores, K y L, y atribuyendo el resto al tiempo. Este “resto” es el factor residual o factor de tiempo, que en la ecuación C-D viene expresado por  $Ae^{\lambda t}$ . A partir de la función, derivando con respecto al tiempo, dividiendo todo por Q y despejando  $\lambda$ , se puede obtener la expresión siguiente, en la que el punto significa la derivada con respecto al tiempo<sup>122</sup>:

$$\lambda = \frac{\dot{Q}}{Q} - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - (1-\alpha) \frac{\dot{L}}{L}$$

En esta ecuación puede estimarse el factor residual, que ha quedado reducido a  $\lambda$ .

Solow obtiene un resultado para  $\lambda$  de aproximadamente un 1,5 % anual. Es decir, que en ausencia de cambios en K y L, la producción no agrícola americana habría crecido a esa tasa aproximada de un 1,5 % anual. Por otra parte, también llega a la conclusión de que aproximadamente el 90 por ciento del incremento observado en la productividad del trabajo (Q/L) era atribuible al factor residual, mientras que sólo el 10 % restante lo era a incrementos en el capital per cápita (K/L).

En algunas ocasiones, se ha identificado el residual con el cambio tecnológico sin más, con lo que se llegaría a la conclusión de que éste explicaría las nueve décimas partes del incremento de la productividad del trabajo. Esta identificación no es correcta, puesto que el residual contiene un conjunto heterogéneo de influencias sobre la productividad, entre las cuales

---

<sup>119</sup> Para una exposición de las líneas claves del trabajo de Solow, aparte de la propia referencia, véase Stoneman (1987a), págs. 27 y ss.

<sup>120</sup> Este es un supuesto crucial del modelo. Más abajo volveré sobre las repercusiones del mismo.

<sup>121</sup> Para demostrar esto, basta ver que  $rK/Q = PMgK \cdot K/Q$ . Sustituyendo PMgK por su valor ( $= \alpha Ae^{\lambda t} K_t^{\alpha-1} L_t^{1-\alpha}$ ), a partir de la función de producción, y lo mismo Q, se obtiene que  $rK/Q = \alpha$ .

<sup>122</sup> Vid. Solow (1957), pág. 312, si bien éste utiliza un factor A(t) que, por conveniencia, yo explícito en forma de  $Ae^{\lambda t}$ , quedando sólo  $\lambda$  después de realizar las operaciones descritas.

está, pero no exclusivamente, el progreso técnico<sup>123</sup>. Denison --vid. Denison (1962)-- intentó descomponer el residual en los factores que lo constituyen, obteniendo que los avances en el conocimiento eran responsables del 40 por ciento del incremento total de la renta per cápita en los Estados Unidos.

El siguiente paso, dado posteriormente en otros estudios, en el análisis del impacto del cambio técnico sobre la producción consiste en afinar la modelización anterior ampliando la función de producción de la siguiente forma<sup>124</sup>:

$$Q_t = A e^{\lambda t} C_t^\gamma K_t^\alpha L_t^\beta$$

En esta ecuación se introduce explícitamente la variable C, que es una medida del conjunto de conocimientos derivados de los gastos en I+D, como un factor de producción más. La serie  $C_t$  se construye a partir de una suma ponderada de los gastos en I+D habidos en el pasado.

Desde luego, los gastos en I+D no recogen toda la importancia del cambio técnico: éste no proviene sólo de los gastos en investigación y desarrollo, sino que su origen puede estar en la importación de nueva tecnología, en el progreso técnico incorporado en bienes de equipo, en el proceso de aprendizaje dentro de la empresa o de la economía en su conjunto, etc. Precisamente para cubrir todo este amplio abanico de posibilidades sigue manteniéndose un factor residual  $e^{\lambda t}$ .

Se ha criticado que este enfoque de las funciones de producción no recogen el impacto de las innovaciones de producto, que sólo miden las de proceso. Esto puede resultar importante cuando se estudia el cambio tecnológico en empresas. Ahora bien, a nivel más agregado --sectores o países-- el problema pierde intensidad, puesto que cuando una innovación de producto se da en un bien de equipo puede tratarse como una innovación de proceso: lo que para una empresa es un producto es un proceso para otra. No obstante, siguen sin poderse recoger las innovaciones puras de producto (productos de consumo final).

Otra crítica tiene que ver con el hecho de que este enfoque sólo hace referencia a los procesos de invención e innovación, mientras que el proceso de difusión no queda integrado en él. Y esto es grave, en tanto que es precisamente la difusión lo que genera los efectos beneficiosos del progreso técnico. Además, los procesos de difusión son lentos y costosos, requieren una determinada cantidad de tiempo y de recursos, hechos ambos que en este enfoque son completamente ignorados, y que pueden llevar a una sobreestimación de los rendimientos de la inversión en I+D.

---

<sup>123</sup> Vid. Rosenberg (1993e), pág. 35 y ss. En Nelson et al. (1969), se indican como determinantes de la productividad, aparte de la cantidad de factor capital, las siguientes: acervo de conocimientos tecnológicos; instrucción, adiestramiento y experiencia de la fuerza de trabajo; organización de las empresas y de la economía; disponibilidad de conocimientos naturales (vid. pág. 30).

<sup>124</sup> Para una revisión de la literatura relacionada con este tipo de enfoque y sus resultados puede consultarse Stoneman (1987a), págs. 29 y ss.

Sin embargo, pese a esas reservas, los resultados de estudios disponibles permiten extraer ciertas conclusiones generales. En primer lugar, el progreso tecnológico es un importante factor en la generación de crecimiento económico. Las estimaciones sugieren que en torno al 40 por ciento del crecimiento de la producción puede ser atribuido a la nueva tecnología. Y en segundo término, las inversiones en I+D observan correlaciones positivas con los resultados económicos a diversos niveles de agregación. A nivel nacional, las ganancias en renta nacional derivada de gastos extra en I+D superan el rendimiento de dichos recursos en ocupaciones alternativas.

### 3. *La nueva teoría del crecimiento económico: algunos comentarios.*

A mediados de los ochenta surgió lo que se ha denominado *nueva teoría del crecimiento económico*, una teoría neoclásica que pretende actualizar y vencer los problemas de la vieja teoría neoclásica del crecimiento. Debido a la enorme cantidad de literatura que ha generado, voy a dedicar algunas páginas a comentar algunas de sus aportaciones, sin propósitos de exhaustividad. Pero para poder hacer eso, habrá que aludir antes a los problemas y deficiencias de los viejos modelos neoclásicos del crecimiento, que esta teoría pretende subsanar.

#### **3.1. Algunos problemas asociados al modelo tradicional neoclásico de crecimiento.**

El modelo tradicional neoclásico de crecimiento --basado en Solow (1956, 1957)-- consideraba el progreso técnico como una simple tendencia temporal, a diferencia de los nuevos modelos de crecimiento también neoclásicos que surgen en los años ochenta. En éstos el progreso tecnológico se determina de una forma endógena, lo que de hecho implica la *endogenización* de las fuentes del crecimiento. El modelo del profesor Solow se caracteriza por una función de producción de rendimientos constantes a escala cuyas variables son el capital y el trabajo. El capital es un factor acumulable; el segundo, no necesariamente. Esto significa que sin una tendencia aumentadora del trabajo (en el sentido que se vio en el capítulo respectivo) o una tasa constante de progreso tecnológico, el crecimiento se podría desvanecer debido a los rendimientos marginales decrecientes del único factor que se acumula: el capital. De esta forma, la acumulación de capital traería consigo un rendimiento decreciente que anularía cualquier incentivo a invertir en el largo plazo. En consecuencia, sólo influencias exógenas pueden salvar el proceso de crecimiento. En un marco como el descrito, la tasa de crecimiento de equilibrio es exógena e independiente de influencias económicas.

Esta debilidad del modelo de Solow se pretendió corregir mediante un expediente que *endogenizara* el cambio técnico. Fue Arrow, en un trabajo ya clásico, Arrow (1962b), quien consiguió esto mediante el hincapié que puso en los efectos del aprendizaje como fuente de

mejora de la productividad. En los modelos de crecimiento endógeno basados en Arrow, que son muchos, el progreso técnico se convertía en un subproducto de la producción o de la inversión<sup>125</sup>. Y esto suponía un avance, pero contenía aún importantes problemas. Krugman los enuncia y me limitaré a reproducir sus palabras (vid. Krugman (1990), pág. 165):

El reciente interés en los modelos de desarrollo económico donde el cambio técnico es endógeno ha estado basado principalmente en el supuesto de algún tipo de externalidad tecnológica, la cual hace posible que el rendimiento social de la inversión sobrepase al privado. Esto está en la tradición de Arrow (1962)<sup>126</sup>, quien postuló simplemente que la inversión eleva la eficiencia de futuras generaciones de bienes de capital en una forma que no puede ser capturada por las empresas. [...].

Si bien los modelos de economías externas arrojan una luz interesante en algunas de las posibles razones del crecimiento económico autosostenido, comparten un rasgo común que es menos que satisfactorio. En esos modelos, el cambio tecnológico es un subproducto accidental de actividades económicas emprendidas con otros propósitos. Aunque a veces esto sucede, en el mundo real la mayor parte del cambio técnico es seguramente el resultado de esfuerzos deliberados de parte de las empresas para mejorar sus productos y/o procesos, y un dato clave de la política económica (quizás el dato clave) es cómo las instituciones y el sistema fiscal afectan a los incentivos con el fin de generar conocimiento. A uno de gustaría, pues, tener un conjunto de modelos en los cuales el cambio tecnológico sea no sólo endógeno sino también y, al menos en parte, deliberado, un resultado de esfuerzos activos en pos de la innovación.

El crecimiento permanente resulta posible en presencia de rendimientos crecientes a escala o de externalidades, los cuales garantizan que la productividad marginal en la acumulación de factores no tiende a cero cuando estos factores se acumulan. Este tipo de planteamientos constituyen el origen de la llamada *nueva teoría del crecimiento neoclásico*, que surge a mediados de los ochenta, y cuyo objetivo es plantear modelos que puedan vencer esas críticas, pero siempre dentro del marco analítico de la teoría neoclásica.

Aparte de todo lo dicho, la teoría neoclásica del crecimiento vigente hasta esa época fue seriamente criticada desde otros puntos de vista teóricos por varias razones: no respondía a las preguntas acerca de las complementariedades e interdependencias de los diversos factores involucrados en el crecimiento; omitía el hecho de que la calidad de los factores productivos, trabajo y capital, cambiaba a medida que nuevas habilidades y nuevas tecnologías se iban adquiriendo; se ignoraban las interdependencias entre cambios institucionales, técnicos y

---

<sup>125</sup> Sobre esta visión del aprendizaje, el *learning by doing*, ya se discutió en un capítulo previo de este trabajo.

<sup>126</sup> Se refiere Krugman a la referencia citada más arriba.

decisiones de inversión; el cambio técnico se trataba como una variable exógena, etc. Los autores de la escuela evolucionista fueron singularmente insistentes en este tipo de críticas<sup>127</sup>.

### **3.2. La nueva teoría del crecimiento económico.**

Las deficiencias ya señaladas mostradas por la teoría neoclásica del crecimiento y el deseo de superarlas llevaron a que en los años ochenta surgiera un conjunto de autores de esa escuela que intentara recoger algunos de los elementos que habían sido soslayados por o que habían sido imposibles de incorporar en el análisis neoclásico tradicional. Esta *nueva teoría del crecimiento* (cuyo nombre más relevante quizá sea Paul M. Romer, aunque no debe olvidarse la contribución de Robert E. Lucas, G. Grossman, E. Helpman y otros) reconoce el papel central que en el proceso de crecimiento desempeña el cambio técnico, los rendimientos crecientes a escala, incorporando en sus análisis variables como la I+D, el capital humano, el adiestramiento, el aprendizaje, etc. Por otra parte, se ha pretendido ofrecer una explicación endógena del desarrollo económico y del cambio técnico<sup>128</sup>.

Asimismo, los nuevos teóricos del crecimiento han admitido la influencia que en su pensamiento ha ejercido la obra de Schumpeter, si bien esto debe matizarse teniendo presente que aceptan esa influencia, pero que ello no les convierte en autores “schumpeterianos” o “neoschumpeterianos” (aunque a veces denominen así a sus modelos) en el sentido más genuino del término.

Básicamente, el influjo del autor austríaco hay que centrarlo en los siguientes puntos:

a) La idea schumpeteriana de situar el cambio técnico buscado expresamente por las empresas en el corazón de su análisis económico. Para Schumpeter, las empresas invierten en el desarrollo del conocimiento debido a que éste resulta al menos temporalmente apropiable, lo que las lleva a establecer posiciones de monopolio que generan rendimientos privados. Con el tiempo, las nuevas tecnologías se convierten en conocimientos públicos. Pero durante ese tiempo, los innovadores han desarrollado ya nuevas tecnologías que crean un nuevo conjunto de monopolios temporales y la economía avanza.

Es decir, que estamos ante un doble hecho: 1) la preponderancia que se otorga al cambio técnico como esencia del proceso de desarrollo; 2) el incentivo para la innovación depende de la expectativa que tenga el innovador de que su proceder será recompensado con un monopolio temporal. Esto supone un conflicto entre la eficiencia asignativa estática y el crecimiento económico, porque la primera exigiría la eliminación de los monopolios y la presencia de estructuras de competencia perfecta, mientras que el segundo se apoyaría en las posiciones

---

<sup>127</sup> Ver al respecto y a modo de ejemplo Nelson (1973).

<sup>128</sup> En Amable (1994) puede hallarse una revisión de los diversos modelos neoclásicos del crecimiento endógeno y de sus principales aportaciones empíricas.

monopolísticas para ofrecer un incentivo al cambio técnico. Sobre dicho conflicto vid. Romer (1993, 1994), págs. 4 y 19, respectivamente, y Krugman (1990), pág. 166.

b) Desde una perspectiva más comercial que de crecimiento, la importancia que estos autores otorgan a la introducción en la economía de nuevos o mejorados tipos de bienes --no existentes con anterioridad y que ahora se hallarían disponibles en la economía--, a diferencia de enfoques más tradicionales centrados en las cantidades disponibles de bienes ya existentes (vid. Romer (1993), págs. 3 y 5). Esto recuerda el énfasis otorgado por Schumpeter a los cambios radicales y al proceso de “destrucción creativa”, cuestiones ambas de decisiva importancia económica, ya que se sitúan en el corazón de los procesos de crecimiento.

En Krugman (1990), pág. 166, se ofrecen otras explicaciones de la influencia del marco schumpeteriano en la moderna literatura neoclásica sobre comercio. En las dos últimas referencias citadas, como ya he señalado, Romer y Krugman se centran más en cuestiones que atañen al comercio que al crecimiento (sobre todo el primero), pero la *nueva teoría del comercio internacional* y la *nueva teoría del crecimiento económico*, ambas neoclásicas, parten de presupuestos parecidos y están profundamente hermanadas, como los presentes trabajos de Romer y Krugman servirían para ejemplificar. De hecho, en algunas ocasiones se alude a las mismas bajo la común denominación de *nueva teoría del crecimiento y del comercio*.

Pese a todo lo anterior, el reconocimiento de estas influencias en nada significa que se abandonen la metodología, la orientación, la tradición y la filosofía subyacentes al pensamiento neoclásico. En este sentido, los autores evolucionistas --véase más abajo-- han dejado bien claro el carácter plenamente neoclásico de la *nueva teoría*.

Otro de los puntos de interés para la *nueva teoría* ha sido el capital humano. En sus modelizaciones, estos economistas suelen introducir el capital humano como una variable más de la función de producción diferenciándolo tanto del trabajo como del capital, incidiendo en él como la variable que explica muchas veces los comportamientos diferenciales en el crecimiento de los países e identificándolo como un efecto externo (vid. por ejemplo Lucas (1990), págs. 92 y ss.). Además, se insiste en la complementariedad del capital físico con el capital humano, con lo cual se pone parcialmente en cuestión la alternativa trabajo-capital, para ser vista ahora como una complementariedad trabajo-capital, o al menos capital humano-capital físico, toda vez que el capital humano no deja de ser trabajo.

En las próximas líneas me detendré en el examen más concreto de algunas de las aportaciones de la *nueva teoría del crecimiento* vinculadas concretamente al nombre de Paul Romer.

### **3.3. Algunas aportaciones de Paul Romer.**

La teoría neoclásica del crecimiento hasta los años ochenta partía en sus formulaciones de una estructura de mercado de competencia perfecta y de una función de producción con rendimientos constantes. Este tipo de modelos no permiten incorporar las externalidades asociadas a las actividades de I+D.

En Romer (1986), el autor intenta responder al hecho empírico de que las tasas de productividad y la renta per cápita tiendan a crecer en el tiempo cuando se estudian períodos dilatados y un número importante de países.

La explicación que propone para estos hechos es que las inversiones en nuevos conocimientos que realizan las empresas a título individual generan externalidades que incrementan la productividad y que se extienden por el conjunto de la economía. Dichas externalidades incrementan el producto marginal del conocimiento agregado y compensan las limitaciones al crecimiento impuestas por la oferta de trabajo.

Nótese aquí la influencia de la obra ya aludida de Arrow, pero también los problemas derivados de la misma. Paul Krugman, en el trabajo citado más arriba, hace mención explícita de ello citando este trabajo de Romer como ejemplo de los modelos de cambio técnico endógeno en los cuales éste es sólo un subproducto de otras actividades.

Así, en un trabajo posterior --vid. Romer (1990)-- el autor explora un camino alternativo cuyo objetivo sea, siguiendo las palabras de Krugman arriba expuestas, *un modelo donde el cambio tecnológico sea endógeno pero también consecuencia de un esfuerzo deliberado en innovación*. En dicho enfoque, el cambio técnico tiene su origen en un sector que genera ideas que incrementan la productividad. Nótese que esta aproximación convierte en plenamente endógeno el proceso de cambio técnico. En efecto, el monto de recursos que se dedique a ese sector tendrá un efecto relevante en el resultado de esa economía. De hecho las repercusiones afectan tanto al crecimiento como al comercio exterior. De ahí que las nuevas teorías del crecimiento estén tan ligadas con las del comercio. En ambos casos se enfatiza el papel de las externalidades, del capital humano, la existencia de rendimientos crecientes a escala y la endogeneidad de la innovación tecnológica.

Pero volvamos al planteamiento de Romer. Éste se basa en tres premisas: en primer lugar, el progreso técnico está en el centro del crecimiento económico; en segundo, el progreso tecnológico surge principalmente debido a acciones que buscan el beneficio económico y que son emprendidas por agentes que responden a incentivos de mercado; tercero, las “instrucciones” para transformar las materias primas son diferentes de otros bienes económicos por la razón de que una vez obtenidas, utilizarlas repetidamente no genera ningún coste adicional.

El enfoque de Romer presenta notables ventajas con respecto a modelos de crecimiento que le precedieron, por las siguientes razones<sup>129</sup>:

a) Reconoce y proporciona atención separada a varios elementos del proceso de innovación: la producción de nuevos conocimientos, su incorporación en bienes de equipo y la difusión de este nuevo capital;

b) Hace de la incorporación de este conocimiento una cuestión de orden técnico, pero también económico, puesto que el objetivo de la actividad inventiva es la obtención de beneficios;

c) Refleja el hecho de que la creación de nuevos conocimientos está invariablemente asociado con tendencias monopolísticas. De hecho, la estructura de mercado que se contempla es la de la competencia monopolística;

d) Explica cómo operan las externalidades que pueden generar un proceso importante de crecimiento. Cualquier hallazgo puede ser incorporado en una patente que permita la apropiación de los beneficios que generará la innovación. En este sentido, el conocimiento será un bien exclusivo. Ahora bien, por más que se pueda patentar un invento, lo que el inventor no puede evitar es que otros inventores o innovadores puedan utilizar o imitar el conocimiento que el diseño revela. Los beneficios que provienen del uso del conocimiento incorporado en otros productos constituyen la externalidad positiva de la invención original, y pueden ser muy importantes. Para Romer constituyen la base de una economía que crece. Sin embargo, como parte de los beneficios de la actividad inventiva sí son apropiables, tal permite explicar dicha actividad como una actividad con un móvil económico, de una forma que los modelos neoclásicos del crecimiento eran incapaces de conseguir<sup>130</sup>.

### **3.4. Algunas críticas a la *nueva teoría***

Todo lo indicado hasta aquí no ha supuesto que la *nueva teoría* haya sido capaz de acallar las voces críticas, singularmente las evolucionistas y neoschumpeterianas. Pese a reconocer la buena intención de los esfuerzos realizados por aquélla, Christopher Freeman concluye que *la mayoría de estos modelos todavía parten de algunos de los mismos supuestos faltos de realismo y adolecen de idénticos problemas de medida de los 'viejos' modelos de crecimiento. En particular, hacen poco o ningún hincapié en las innovaciones de tipo organizacional y en las*

---

<sup>129</sup> A pesar de todo, el modelo no está exento de críticas. Algunas de las más relevantes pueden consultarse en Hall (1994), pág. 339. El próximo subepígrafe se dedica genéricamente a las críticas de la *nueva teoría*.

<sup>130</sup> En un trabajo posterior, Romer (1994), págs. 12-14, el autor destaca cinco hechos básicos de los procesos de crecimiento, y evalúa la fortuna con que diversos modelos de crecimiento han sido capaces de incorporar esos hechos en su desarrollo teórico.

*interconexiones entre el cambio institucional, el cambio técnico y la inversión* (Freeman (1994), pág. 85)<sup>131</sup>.

Por su parte, el profesor Richard Nelson, sin duda la máxima autoridad del pensamiento evolucionista, ha manifestado en un trabajo reciente<sup>132</sup> unas opiniones acerca de los nuevos modelos neoclásicos de crecimiento que son prácticamente calcadas de las que acabo de citar. Pero unas páginas más abajo, su tono se vuelve más contundente y no me resisto a repetir sus palabras de forma textual (op. cit., págs. 319 y 320):

Aunque las nuevas teorías neoclásicas formalizadas del crecimiento han tratado el cambio técnico de una forma más rica y compleja que lo que lo hicieron los modelos anteriores, todavía existe una amplia brecha entre el tratamiento formal en esos trabajos y lo que los economistas que estudian la tecnología y el cambio técnico conocen.

[...]

Los nuevos modelos de crecimiento contienen los mismos puntos de vista estilizados, desguarnecidos e inadecuados acerca de las empresas que los utilizados en la antigua teoría.

[...]

Los “nuevos” modelos neoclásicos de crecimiento continúan considerando el crecimiento económico como un proceso suave que implica un equilibrio continuo, en el sentido más amplio que el término suele adoptar en la teoría neoclásica. Estos modelos no intentan construirse sobre la base de la prueba y el error, el aprendizaje por el uso, y procesos evolucionistas que casi todos los trabajos empíricos detallados revelan, aunque parte de los nuevos modelos pretendan recoger algunos de esos aspectos.

#### *4. Una evaluación de la nueva teoría: ¿es realmente nueva? Algunos predecesores y algunas conclusiones.*

Amable (op. cit., pág. 40) se pregunta si la *nueva* teoría es tan nueva, y concluye que quizá no lo sea, en virtud de la fidelidad esencial que guarda a los principios generales de la teoría neoclásica. Pero advierte que más allá de su novedad y de las críticas que haya podido recibir y del origen de las mismas, la teoría ha efectuado importantes aportaciones. Y señala:

Sin embargo, lo que importa no es si la nueva teoría del crecimiento es nueva o no, antes bien resulta más relevante el hecho de que ha subrayado la cuestión de los determinantes del cambio técnico en

---

<sup>131</sup> En López y Valdaliso (1997), pág. 21, pueden leerse otras críticas, similares a las expuestas por Freeman, a la teoría que aquí se está comentando.

<sup>132</sup> Nelson (1994), página 309. En realidad, este largo y erudito artículo es fundamental, aunque no exclusivamente, una revisión de toda la teoría neoclásica del crecimiento, desde los trabajos de Solow hasta los de la fecha de su escritura, realizada por un autor fuertemente crítico con los planteamientos neoclásicos.

el debate del crecimiento, con todos los problemas relacionados relativos a los efectos externos y la suboptimalidad de las soluciones de mercado. La diversidad de fuentes de crecimiento y la presencia de efectos externos puede proporcionar una justificación teórica para una amplia variedad de intervenciones de política económica (por ejemplo, de tipo industrial, de I+D o comercial).

Una vez señalado esto, quisiera centrarme aquí en algunas reflexiones que sobre el crecimiento económico ha realizado Nathan Rosenberg en fechas ya algo lejanas, concretamente a mediados de los años setenta. Es decir, antes del surgimiento de la teoría que nos ocupa, pero que tienen que ver con nociones en que ésta se fundamentó.

Así, en Rosenberg (1979d), págs. 100 y ss., ya se destacaban los puntos que más abajo enumero acerca del crecimiento económico, que anticipan ciertas conclusiones o ciertos aspectos que luego han sido de importancia en los modelos del crecimiento endógeno. No es ésta, desde luego, la única fuente donde uno puede encontrar aspectos desarrollados posteriormente por la *nueva* teoría. Por ejemplo, en una importante obra anterior, Nelson et al. (1969), especialmente en el capítulo primero, ya se insistía en la relevancia de aspectos como el fondo de conocimientos tecnológicos disponible; el capital humano --recuérdese que por esa época la teoría del capital humano se está formulando y el trabajo de Becker va a surgir de ahí-- y la incorporación del conocimiento tecnológico a la fuerza de trabajo; el aprendizaje; lo que los autores llaman *el papel catalizador del progreso tecnológico* y que puede asimilarse a las *realimentaciones* de Rosenberg; los efectos relacionados con los nuevos productos en la satisfacción de nuevas necesidades, etc.

Las ideas propuestas, pues, por Rosenberg que deseo destacar aquí se pueden recapitular en cinco grandes puntos:

1) Además de la cantidad de los *inputs* o del cambio tecnológico como fuentes del crecimiento económico, se insistía en la importancia de la calidad de los factores. Entre este tipo de cambios cualitativos incluía: cambios en el conocimiento, habilidades técnicas, capacidad de organización y dirección, niveles de aspiración económica, respuesta a incentivos económicos, aptitud para realizar y adaptarse a la innovación, etc. Específicamente, la calidad del agente humano como factor de producción --el capital humano-- asumía un papel decisivo en los procesos de crecimiento económico, tanto en lo relativo a la cantidad de capital humano como a las complementariedades del capital humano y el físico.

2) Una de las fuentes más importantes de estos progresos cualitativos se derivan de la participación en la actividad económica. Nótese como esto es una forma de considerar el progreso económico como algo endógeno. Singularmente, la calidad del agente humano como factor de producción está afectado decisivamente por la naturaleza de sus actividades de producción<sup>133</sup> y

---

<sup>133</sup> Es curioso observar cómo Rosenberg hace hincapié en el papel de la familia no sólo como mera unidad de consumo sino también como productora de habilidades, aptitudes y aspiraciones (op. cit. pág. 118). La

consumo<sup>134</sup>, que a su vez cambian como resultado del desarrollo económico. Lo cual es insistir en el hecho de las realimentaciones entre crecimiento económico y características de los factores productivos.

3) El proceso de crecimiento es un proceso de aprendizaje, un proceso por el cual el factor humano adquiere nuevas habilidades, aptitudes, capacidades y aspiraciones. Y como se ha dicho anteriormente, este conjunto de elementos puede a su vez incidir sobre el propio crecimiento en períodos sucesivos.

4) La economía neoclásica, al ignorar la importancia de las realimentaciones entre las diversas fases del proceso innovador, no puede explicar cabalmente el proceso de crecimiento. Una vez más, se insiste en que el análisis neoclásico no recoge las sutilezas de los problemas cuando se abandona el corto plazo. Aquí la objeción de Rosenberg tiene mucho que ver con las que todavía hoy se realizan, singularmente por parte de los evolucionistas, a los modelos de crecimiento neoclásicos, incluyendo a los de la nueva hornada.

5) Se reconoce al sector público un papel decisivo en lo tocante a los procesos de crecimiento. Utilizando las palabras del mismo Rosenberg (ibid., págs. 117 y 118):

La creciente importancia del papel del sector gubernamental es confirmada también por los datos comparativos sumados a las evidencias históricas de su crecimiento en países generalmente con alta renta. [...] El volumen variable y la composición de los gastos del gobierno pueden incluir, por lo tanto, una serie de fuerzas estratégicas que impulsan el crecimiento y que aumentan de importancia relativa con el proceso de desarrollo económico.

Pero quisiera concluir ya este capítulo con una reflexión del mismo autor, proveniente de otro trabajo, que puede relacionarse a su vez con las palabras anteriormente citadas de Amable acerca de la novedad de los planteamientos de la *nueva teoría del crecimiento económico*, y que sugieren que quizá la novedad en sí resulte probablemente menos importante que los perfeccionamientos ulteriores<sup>135</sup> que son los que al cabo dotan de efectos operativos a una nueva teoría (Rosenberg (1979h), pág. 93).

Por lo general, las buenas ideas adquieren importancia sólo cuando son perfeccionadas y elaboradas y han pasado por lo que con frecuencia es un proceso exhaustivo de paciente modificación y revisión. Sólo entonces se hacen útiles en un sentido operacional.

---

consideración del papel productivo que puede adjudicarse a la familia presenta ciertos puntos de contacto con la teoría neoclásica moderna de la familia, cuyo exponente más célebre es Gary Becker.

<sup>134</sup> Rosenberg insiste en que los patrones de consumo poseen suma relevancia en el proceso de crecimiento, porque *la cambiante estructura de los deseos y preferencias del consumidor... es un importante factor determinante del comportamiento individual y modela la naturaleza de sus respuestas frente a los incentivos y oportunidades económicas* (op. cit., pág. 119).

<sup>135</sup> Lo cual no deja de ser una idea muy propia de Rosenberg en su concepción del cambio técnico.

## **Capítulo nueve. El mercado de trabajo y el cambio tecnológico.**

### *1. Introducción*

El presente capítulo está dedicado a presentar una visión sintética de las relaciones que se establecen entre el mercado de trabajo y el cambio tecnológico, singularmente en lo relacionado con el desempleo.

Si en cualquiera de los temas que componen la primera parte de esta obra la bibliografía es abundantísima, probablemente sea ésta la que las supera a todas. Asimismo, es bien sabido que la relación entre cambio técnico y trabajo --concretamente, el tema del desempleo tecnológico-- forma parte de la lista de las preocupaciones de la economía teórica casi desde su inicio como ciencia autónoma.

En este capítulo, pues, no se hablará de las diversas teorías del mercado de trabajo<sup>136</sup>, sino que nos limitamos a las cuestiones que el título indica. Tampoco se pretende realizar una historia acerca de cómo han ido viendo los economistas la cuestión del paro tecnológico desde Ricardo o antes hasta la actualidad. Una referencia en ese sentido es Woirol (1996). El propósito aquí no es otro que limitarnos a repetir los puntos esenciales de algunas de las principales aportaciones, antiguas y modernas, sobre el tema.

Después de referirnos al desempleo tecnológico se introducirán algunas otras cuestiones relevantes que ligan tecnología y factor trabajo.

### *2. El paro tecnológico: planteamiento del problema y algunas respuestas teóricas*

Resulta evidente que el progreso tecnológico suprime determinados puestos de trabajo e incluso sectores laborales completos si se considera un horizonte de largo plazo. De igual forma, genera nuevas actividades económicas y modifica asimismo, y a veces de forma sustancial, las características de otras.

Imaginemos que una innovación de proceso hace innecesarios muchos puestos de trabajo existentes antes de la introducción de la misma y que dicha introducción provoca la destrucción de un número determinado de puestos de trabajo. Como la economía en conjunto consta de muchos sectores, supongamos también que se producen simultáneamente muchas de esas innovaciones, tanto si son independientes unas de otras como si no lo son.

---

<sup>136</sup> Véase al respecto por ejemplo McConnell y Brue (1997). Sobre las características esenciales de los mercados de trabajo en España y Europa, vid. Novella (1997).

Al plantear ese ejemplo surgen una serie de interrogantes, que tienen que ver con lo que les sucede a los trabajadores desplazados. Esto es, si encuentran o no un nuevo empleo. Si lo encuentran rápido o tardan mucho tiempo en hacerlo. Si los nuevos empleos poseen unas características más o menos diferentes a los anteriores, por ejemplo en lo tocante a la retribución de los trabajadores. Si las cualificaciones que precisaban y precisan ahora las personas afectadas son o no las mismas.

Nótese que aquí surgen dos grupos diferentes de cuestiones: los rasgos que diferencian los nuevos empleos de los antiguos; la posible ocurrencia de una situación persistente de paro generado por el cambio tecnológico.

Naturalmente, siendo las dos cuestiones importantes, quizá la segunda lo es más. La cuestión puede estudiarse bien desde un punto de vista microeconómico --estudiando los sectores afectados por el cambio técnico-- o, alternativamente, desde un punto de vista agregado. El desempleo tecnológico como problema económico general surge cuando el progreso afecta al nivel de empleo agregado y cuando ese efecto es permanente.

Una cierta visión optimista señala que el progreso tecnológico no es un invento de esta época: siempre ha habido, y exponencialmente acelerado desde la primera revolución industrial. La consecuencia es que si el progreso generase paro a largo plazo hoy no trabajaría nadie. Y precisamente las economías más "progresivas" son aquellas que afrontan tasas de paro menores, pensemos en los Estados Unidos o Alemania. El problema de esta forma de ver las cosas es que el hecho de que un fenómeno económico no se haya producido en el pasado no significa que no pueda darse en el futuro. Si hay algún elemento diferenciador del progreso tecnológico que hoy se vive del registrado en épocas pasadas, puede haber elementos para la precaución.

Cuando se examina las características generales que presentan las tecnologías en los últimos años --sobre todo las relacionadas con la información, la biotecnología y los nuevos materiales--, surgen una serie de rasgos definitorios (Martín (1992b), pág. 271 y s.):

1. Acusada base científica;
2. Versatilidad y polivalencia. Es decir, el gran número de aplicaciones que poseen, que afecta a todos los sectores productivos, con su capacidad de constituir innovaciones de productos y procesos;
3. Inducción de modificaciones organizativas y de gestión en las empresas que las adoptan. Una de las posibilidades que permiten es la de descentralizar el proceso de producción, con su corolario de deslocalizar determinados procesos productivos. Esta es una de las causas de la globalización de la actividad económica;
4. Ahorro de factores primarios, trabajo y capital, especialmente el primero, así como de materias primas;
5. Impacto en las condiciones de trabajo y en la estructura de cualificaciones requeridas por la mano de obra.

A estas características pueden añadirse otros rasgos que ayudan a comprender algunos impactos del cambio técnico sobre la economía en los últimos tiempos (vid. Sánchez (1997), págs. 25 y ss.):

1. En primer lugar, la intensidad y rapidez con que se produce y propaga por todos los sectores de la economía y países. Esto tiene que ver en parte con la ya aludida “transversalidad” de las nuevas tecnologías, esto es, el hecho de que afectan a muchos sectores simultáneamente. Pensemos en el caso de la informática y, en general, en las tecnologías de la información y las comunicaciones;

2. Otra característica que puede tener que ver con el impacto del cambio tecnológico sobre el empleo es que desde hace unas décadas las expansiones que siguen a las recesiones no son capaces de restaurar el empleo que ha sido destruido en éstas, aun cuando los niveles de producción sí se incrementen. Incluso en los servicios disminuye el empleo.

3. La globalización en los mercados, consecuencia de los avances tecnológicos y del convencimiento de que la mayor apertura económica internacional posee más ventajas que costes. En relación con esto, la competitividad internacional es, en muchos sectores, función creciente de la capacidad innovadora.

En la actualidad más que hablarse de un paro tecnológico “a secas” se habla de un paro estructural --uno de cuyos componentes es el tecnológico--, cuyas causas están ligadas a la naturaleza profunda del sistema económico y que generan desequilibrios permanentes y de difícil solución entre la oferta y la demanda de trabajo. Esta visión comprehensiva del problema está en relación con el hecho de que la tecnología no es un factor que opera de forma aislada y cuyo estudio pueda dissociarse del efecto de otros factores como el organizativo, el locacional, etc.

## **2.1. El paro tecnológico: la visión clásica**

La posible existencia de un efecto pernicioso del cambio técnico sobre el nivel agregado de empleo fue ya observada a principios del siglo XIX. En la tercera edición de sus *Principios de economía política y tributación*, David Ricardo señaló:

La opinión sostenida por la clase trabajadora de que el empleo de maquinaria actúa frecuentemente en detrimento de sus intereses no está fundada en el prejuicio y el error, sino que se conforma a los principios correctos de la economía política (citado por Woirol (1996), pág. 1).

La idea de que es posible que el nivel agregado de desempleo se vea incrementado por los avances tecnológicos, que Ricardo admite como cierta, genera todo un debate acerca del tema que va a ocupar a muchos autores durante el resto del siglo XIX. La aparición del marginalismo y con él de la economía neoclásica dio un nuevo giro al debate. En el siglo XX la cuestión adoptó

formas diferentes. En este apartado nos ceñiremos al planteamiento del problema desde la óptica clásica, incluyendo a Marx.

Se parte de que a corto plazo el progreso puede destruir empleo, pero aparecen al cabo de un breve tiempo fuerzas compensadoras que permiten restituir la situación al nivel anterior, creándose empleo y resolviéndose el problema.

La principal línea o idea teórica que sostiene que el paro tecnológico será sólo de corto plazo está basada en la ley de Say --la oferta crea su propia demanda--. Ésta se puede utilizar para defender la existencia de un mecanismo que garantiza la reabsorción automática de todo el trabajo desplazado a causa de la tecnología. El progreso técnico incrementa la producción --no se utilizaría una tecnología que generase menos output-- y en consecuencia se incrementa, en virtud de dicha ley, la demanda para ese output adicional, con lo que sólo será cuestión de tiempo reabsorber los trabajadores desplazados al principio. Tres factores --los factores de compensación<sup>137</sup>--, que pueden actuar tanto conjunta como aisladamente, serán los que operarán para que no decaiga el poder adquisitivo: 1) las reducciones de costes causadas por el cambio técnico se podrían trasladar a los precios, reduciéndolos, e incrementándose así la demanda del producto; 2) si la elasticidad de la demanda del producto no permite recolocar a todos los trabajadores, la reducción de precios dejará más renta disponible a los consumidores para adquirir otros bienes, incrementándose así la demanda en otros sectores, que demandarán a su vez trabajo; 3) si las reducciones de costes no se trasladan a precios, los beneficios extraordinarios de los empresarios beneficiados del progreso técnico se utilizarán para incrementar su consumo o su gasto en bienes de equipo.

Sin embargo, estos mecanismos de compensación fueron cuestionados y se generó un debate acerca de la posibilidad de que no se pudiera reabsorber a los trabajadores desplazados. Cuatro fueron los argumentos que para algunos economistas clásicos podían justificar que el progreso tecnológico propiciara un incremento continuado en el volumen de desempleo agregado:

a) La posible falta de mercados para la producción incrementada por efecto del cambio tecnológico.

Esta idea está en relación con la posible saturación de las necesidades de los consumidores. El cambio técnico permite incrementar el output, pero puede suceder que no se pueda vender esa producción aumentada si los consumidores no desean consumir más. A menos que los mercados de otros países se abran a esa producción aumentada --sin contar con que esa demanda extranjera podría saturarse a su vez-- no se podría recolocar a los trabajadores desplazados por el cambio técnico, porque no habría demanda para ese exceso de producción.

---

<sup>137</sup> Más abajo volveré en detalle sobre los mecanismos de compensación.

b) La posible falta de capital para ocupar el trabajo disponible. Ésta y la anterior fueron sostenidas por Malthus y Sismondi, autores que en cierta medida anticipan a Keynes puesto que advierten que en la economía pueden generarse desequilibrios entre oferta y demanda agregada.

c) El no incremento en el poder adquisitivo generado por el cambio tecnológico predicho por la ley de Say. Argumento sostenido por Mill y Marx.

El cambio técnico genera un incremento en la producción y en la oferta, que puede llevar a una caída en los precios de los bienes de que se trate. Así, la demanda en términos monetarios podría permanecer constante. Por otra parte, aunque eso no pasara, los incrementos en los ingresos de aquellos que pueden ofrecer precios más baratos en los bienes afectos por el cambio técnico se podrían ver neutralizados por la caída en los ingresos de aquellos que han sido desplazados por el mismo cambio técnico. Así, la producción y la demanda agregada podrían permanecer iguales, pero con un desempleo que podría haberse visto incrementado.

d) El incremento constante de la ratio capital constante-capital variable generada por el cambio técnico. Argumento éste de clara filiación marxista, para cuya escuela dicha ratio capital fijo/variable se denomina composición orgánica del capital. El capitalismo como sistema económico tiende a incrementarla, y de ahí una de las fuentes de tensiones en dicho sistema.

Concretamente el argumento opera de la siguiente manera: como la demanda de trabajo depende sólo del fondo de capital circulante (el fondo de salarios), la demanda de trabajo se reducirá en relación a un incremento en el capital total. El resultado es una tendencia a incrementar el nivel de desempleo<sup>138</sup>.

## **2.2. La respuesta neoclásica y los argumentos keynesianos**

A resultas del surgimiento del marginalismo en los años setenta del diecinueve y de él el análisis neoclásico, surgió otro argumento teórico según el cual los trabajadores desplazados por el progreso tecnológico encontrarían empleo al poco tiempo. Para los economistas neoclásicos el pleno empleo fue tomado como la condición de equilibrio característica para una economía. Partiendo de una situación de equilibrio, el cambio tecnológico era uno más de los factores que lo podían alterar.

La modificación de un estado de equilibrio genera unos movimientos en el sistema de precios relativos que vuelve la economía a otra situación de equilibrio. Estos ajustes de los precios sirven, dentro del marco neoclásico, para eliminar las reticencias que habían puesto algunos autores clásicos con los cuatro argumentos anteriormente mencionados. Concretamente, el movimiento de los precios de los bienes soluciona los problemas derivados de la falta de mercados; y el de los precios de los factores asegura que no habrá desempleo de largo plazo: el

---

<sup>138</sup> Un trabajo reciente sobre el paro tecnológico clásico es Fernández (2003).

excedente de oferta de trabajo propiciará una reducción de los salarios que llevará a la restauración del equilibrio y con él la supresión del desempleo.

Hasta la gran crisis económica de los años treinta esta visión optimista no sería cuestionada. A mediados de esa década la teoría del ciclo económico era un tema de actualidad en la agenda científica de los economistas. De hecho existían muchas teorías del ciclo, algunas de las cuales daban al cambio técnico una importancia central. Sin duda, la más célebre de éstas es la que se debe a Schumpeter. En general, estas teorías estaban de acuerdo en que no existían mecanismos de compensación automáticos para el paro de origen tecnológico cuando los precios de los bienes y de los factores --el salario-- no eran flexibles, sino rígidos.

De todas esas teorías del ciclo fue la propuesta por Keynes en su *Teoría general* de 1936 la que acabaría imponiéndose en las décadas siguientes hasta constituir la nueva teoría macroeconómica dominante. La teoría de Keynes, que subrayaba tanto la posibilidad de la existencia de crisis cíclicas relacionadas con el subconsumo como la inflexibilidad de precios y salarios, no es, sin embargo --en contraste con la de Schumpeter-- una teoría que haga hincapié en el cambio tecnológico como variable explicativa fundamental de la existencia de los ciclos.

El planteamiento keynesiano llevaba a cuestionar la existencia de mecanismos compensadores automáticos en la medida en que se reconocía la rigidez de precios y salarios. Sin embargo, proponía ideas de política económica que permitían alcanzar el pleno empleo. Las autoridades económicas podían instrumentar políticas compensatorias --fiscales, monetarias o cambiarias-- cuando el sector privado mostrase signos de estancamiento. De hecho, con el estallido de la Segunda Guerra Mundial y después con la difusión de la economía keynesiana y el nuevo optimismo económico de las décadas posteriores a la guerra, el debate acerca del paro tecnológico volvió a perder intensidad.

No obstante, los problemas de desempleo volverían a notarse en las economías desarrolladas a partir de los sesenta, si bien su importancia cuantitativa fue notablemente inferior a la existente en los años prebélicos. Este desempleo crónico, estructural, generó un copioso *corpus* de literatura, si bien ahora el análisis es mucho más complejo que antes y los factores tecnológicos ya no se contemplan de una forma aislada. Sucede por otra parte que algunos de los autores que participan en este debate acerca del paro estructural son críticos del sistema económico y sus propuestas incorporan elementos sociológicos, políticos, además de los contenidos "económicos" y se alejan de las recetas más o menos ortodoxas. En Woirol (1996), capítulos 9 y 10 especialmente, puede consultarse una prolija revisión de los resultados más significativos de esa literatura ya mencionada, tanto teórica como empírica.

Una vez expuesto todo lo anterior pasaremos a desarrollar con más detalle los mecanismos de compensación sumariamente descritos hasta aquí, para, a continuación, entrar en el panorama moderno de las relaciones entre desempleo y progreso tecnológico.

### *3. Los mecanismos de compensación y sus críticas*

Las innovaciones de proceso, en la medida que incrementan la productividad del trabajo, pueden constituir un problema para el empleo, especialmente si éstas son un flujo continuo. Cuando además existe un sesgo trabajo ahorrador en la generación de innovaciones el problema se intensifica.

Como ya se dijo, los economistas clásicos y luego los neoclásicos encontraron razones para justificar que en caso de producirse un desempleo tecnológico, el mercado pondría en juego mecanismos --los mecanismos de compensación-- para absorber a los trabajadores desplazados, hasta el punto de que ese desempleo desaparecería. Así, la compensación es completa y el posible paro tecnológico sería un problema de corto plazo. Otros autores, en cambio, cuestionaron esta visión optimista del problema y promovieron argumentos que invalidaban los mecanismos de compensación total o parcialmente.

En cuanto a las innovaciones de producto, se las ha considerado siempre más bien una fuente de oportunidades de empleo e incluso los críticos han confiado en ellas para paliar los problemas asociados a las de proceso. Naturalmente, debería quedar claro que a los efectos de este apartado una innovación incorporada en un bien de capital se debe considerar una innovación de proceso, mientras que cuando nos refiramos a una innovación de producto aludiremos a bienes de consumo.

A continuación se expone una posible clasificación de los diversos mecanismos de compensación con las críticas más importantes realizadas a cada uno de ellos. Para esta exposición sigo fundamentalmente Vivarelli (1995), capítulos 3 y 5.

1. Primer mecanismo de compensación: las nuevas máquinas. Según él, el mismo cambio técnico que desplaza trabajadores en los sectores que usan esas máquinas, crean nuevos empleos en el sector que las fabrica.

Marx critica este argumento, puesto que el capitalista sólo utilizará este nuevo capital si el valor del mismo es inferior al de la fuerza de trabajo que desplaza. En consecuencia, la compensación sólo puede ser parcial en el mejor de los casos. Es perfectamente posible que la nueva maquinaria sea producida por los mismos trabajadores que producían las que han quedado obsoletas. Si se considera además la posibilidad de que suceda algún tipo de cambio tecnológico ahorrador de capital en el sector de bienes de equipo, entonces se tendría que el mecanismo no funciona en absoluto, sino que tiende a incrementar el conjunto de desempleados tecnológicos. El argumento sólo funcionaría en el caso de que se produjera un proceso de acumulación crecientemente acelerada que ocasionara un efecto expansivo continuo, y eso no ya sólo para reabsorber a los trabajadores desplazados, sino para mantener a los que aún están ocupados. Pero esto no es posible que suceda de una forma permanente.

2. Segundo mecanismo de compensación: la caída de los precios. El cambio técnico puede causar desplazamiento de trabajadores, pero también reduce los costes totales. En una economía competitiva esas reducciones se trasladarán a precios, generando un incremento de la demanda y, por ella, de la producción y el empleo. Una crítica obvia surge de aquí, y es que las economías no suelen presentar esa estructura competitiva, sobre todo en la actualidad, donde predominan regímenes de precios de signo oligopolista. Esto, no obstante, puede ser disculpable pensando que el mundo que vivieron los autores clásicos y los primeros neoclásicos era un mundo más competitivo que el nuestro. Ahora bien, incluso en presencia de un mundo competitivo surgen dudas sobre el mecanismo en cuestión. En primer lugar puede darse un estancamiento de la demanda. Si la demanda está saturada o bloqueada, una reducción de precios no tiene por qué incrementar la demanda. Pensemos en una situación depresiva como la registrada en los años treinta de este siglo. Adicionalmente, una crítica que surge a este mecanismo tiene que ver con que el primer efecto del cambio técnico sobre la demanda es el de contraerla. Los trabajadores desplazados en un primer momento reducen su poder adquisitivo. En suma, el efecto de compensación puede verse así muy limitado, y cuando se dé, puede hacerlo sólo de una manera parcial.

3. Tercer mecanismo de compensación: las nuevas inversiones. Entre que se produce la caída de costes debida al progreso técnico y la subsiguiente reducción de precios, las empresas acumulan beneficios extraordinarios que son invertidos, creándose nueva producción y nuevos puestos de trabajo. En el mundo clásico los salarios eran de subsistencia, con lo cual se descarta por el momento un incremento de salarios con cargo a esos beneficios adicionales. Este mecanismo asimismo en la línea de la ley de Say se critica porque supone que los mayores beneficios se reinvertirán en el mismo período en que se generaron. Pero es perfectamente posible que se produzca un atesoramiento de los beneficios, no produciéndose la compensación o haciéndolo con retardo si las inversiones se difieren en el tiempo. Además, incluso en el caso de que no se produzca atesoramiento, los beneficios pueden dedicarse a usos no productivos --por ejemplo, a incrementar el consumo de los propietarios del capital que, si se realiza a base de productos importados no expande la demanda en la economía.

Los keynesianos sostienen a su vez que los beneficios son condición necesaria pero no suficiente para que se produzca el incremento de inversiones, toda vez que la inversión depende de las expectativas de los empresarios.

Ricardo afirmó la posible existencia de un paro tecnológico en el caso de que la adopción de nueva maquinaria no generase una cantidad mayor de output, esto es, en ausencia de acumulación y crecimiento. Esto es un caso posible, pero no frecuente. Lo normal es que las

adquisiciones de capital se hagan con cargo a producción adicional y que no se financien reduciendo el fondo de salarios. Así, la compensación se produce.

Otra crítica que surge a este mecanismo es que la inversión se puede hacer no en capital variable --contratando más trabajo-- sino en capital constante, adquiriendo maquinaria. En este caso, no está tan claro el efecto compensador, porque esa maquinaria puede significar pasar a una tecnología de producción más ahorradora de trabajo. En esta línea, Marx criticó el presente mecanismo, no refiriéndose a la posibilidad poco real de que se redujese la producción --la objeción de Ricardo--, sino al proceso de inversión en sí mismo. Si la inversión introduce técnicas ahorradoras de trabajo, la compensación queda completamente en entredicho. A las inversiones que tienen por objeto sustituir trabajo por capital las podemos llamar inversiones "racionalizadoras" y, por definición, este tipo de inversiones son más una causa de paro tecnológico que un factor de compensación.

En resumen, el mecanismo descrito aquí sólo sería efectivo si los beneficios son utilizados inmediatamente, dedicándose a inversión productiva, y si esta inversión no es racionalizadora, sino que se dedica a incrementar la producción sin reducir los requerimientos de trabajo. Es decir, si los procesos de inversión son "extensivos".

Naturalmente, si la inversión se produce, independientemente de la naturaleza de la misma, se está en presencia de un proceso que incrementa la demanda. Ahora bien, no es probable que ese efecto pueda compensar la caída en los requerimientos de trabajo ligados a una innovación de proceso, sobre todo cuando ésta posee un sesgo ahorrador de trabajo.

En todo caso, y junto a todo lo dicho, la inversión no es un proceso inmediato, y conviene poner el proceso de inversión "compensadora" en relación con la velocidad del proceso de cambio técnico. Si éste es muy rápido, no es probable que los parados sean reabsorbidos.

4. Cuarto mecanismo de compensación: las innovaciones de producto. Permiten la creación de nuevas ramas productivas y de nuevas oportunidades de empleo. Este mecanismo se diferencia de los anteriores en que aquéllos son consecuencia directa de las mismas causas que primero pueden originar el desempleo a corto plazo, mientras que éste ocurre paralelamente a aquéllas. Los efectos positivos de este mecanismo no suelen ser discutidos, salvo en la importancia de su magnitud expansiva, que puede no llegar a bastar para producir la compensación. Ése fue el parecer, por ejemplo, de Marx.

Se puede argumentar que si los nuevos productos son sustitutivos de otros que dejan de producirse el efecto compensador se podría ver muy atenuado.

Este tipo de compensación raramente ocurre dentro del sector afectado por un cambio técnico ahorrador de trabajo. Los nuevos productos se suelen producir en otros sectores y la compensación es intersectorial.

5. Quinto mecanismo de compensación: la caída de los salarios. Si bien los anteriores son mecanismos típicamente clásicos mantenidos por el neoclasicismo, el que se aquí se presenta es creación de esta última escuela. Este argumento posee dos lecturas. La primera es la más sencilla: en la medida en que la cantidad demandada de trabajo depende negativamente del nivel salarial y lo contrario la oferta --descontando efectos renta--, ante un posible desempleo tecnológico se producirá como consecuencia una caída de los salarios en el mercado de trabajo. La bajada salarial ocasionará una caída de la cantidad ofrecida y un incremento de la cantidad demandada de trabajo, reponiéndose el equilibrio en el mercado de trabajo. Las empresas, una vez superadas las rigideces del corto plazo, podrán sustituir factores: quitar capital y poner trabajo.

Wicksell, antes que Hicks, propuso por primera vez la otra lectura: la reducción de los salarios induce un cambio hacia técnicas de producción trabajo intensivas. Así, la reducción de salarios no es sólo una fuente de sustitución de capital por trabajo, sino también una forma de detener las innovaciones ahorradoras de trabajo. Nótese que para esta visión el cambio tecnológico estaría sujeto a un sesgo inducido para ahorrar el factor relativamente más caro. Pero el cambio técnico parece algo más complejo que un proceso que sólo obedece a simples modificaciones en los precios de los factores --sin contar que tales modificaciones pueden ser reversibles--. Normalmente las tecnologías no operan de una forma independiente unas de otras, sino en forma de sistemas que marcan "sendas" que no es posible desandar o sólo a un coste que lo hace virtualmente imposible. Esto hace difícil el pasar a tecnologías "trabajo intensivas" partiendo de otras que no lo eran. Pero, más aún, el hecho de que las tecnologías no suelen permitir una sustitución tan fácil de factores como la que aquí se supone hace que ni siquiera sea esperable la simple sustitución de capital por trabajo. Es más plausible suponer que las tecnologías operan con elasticidades de sustitución bajas que lo contrario --sobre esto volveré más abajo--. Debe quedar claro que éste es un problema diferente al de la determinación del corto y del largo plazo en la teoría microeconómica convencional, pues alude a las características propias de la tecnología, concretamente a la posibilidad de que sea de coeficientes fijos.

Además de lo dicho, surge otra crítica a este mecanismo: una caída de los salarios generará una caída de la demanda agregada, que puede agudizar los problemas de desempleo, no resolverlos. Los enfoques keynesianos enfatizan esta crítica.

6. Sexto mecanismo de compensación: el incremento de los ingresos. Es éste un mecanismo propuesto por el análisis contemporáneo. Según él, las ganancias derivadas de la caída de los costes propiciada por el cambio técnico se comparte entre los asalariados y los empleadores. Con ello se obtienen incrementos tanto en los excedentes o en los beneficios como en los salarios reales. Tal es una práctica común desde hace décadas en las economías capitalistas desarrolladas. Si se admite la hipótesis de gasto inmediato y no atesoramiento, la

compensación se produce tanto “vía nuevas inversiones”, ya comentada, como “vía nuevo consumo”.

La validez de este mecanismo tiene mucho que ver con una variable institucional: el poder de los sindicatos. Si éstos logran obtener incrementos continuos en los salarios reales este efecto se producirá y no si carecen de tal poder. No obstante, este mecanismo también se ve criticado por tres razones: en primer lugar, unos sindicatos con ese poder es probable que contribuyan a generar una bolsa de trabajadores “outsiders”, con un menor poder adquisitivo, que esterilizará en parte las ventajas de los “insiders”; la segunda tiene que ver con que este efecto ingreso sólo se consigue a expensas de reducir el mecanismo ligado a las nuevas inversiones; la tercera, que la propensión marginal a consumir es inferior a uno, con lo que toda la mejora en el poder adquisitivo de estos asalariados no se filtra hacia un incremento del consumo.

7. Séptimo mecanismo de compensación: el efecto Schumpeter o el estímulo a nuevas inversiones. Según Schumpeter, la compensación mediante nuevas inversiones puede ser acelerada por las expectativas de beneficios asociadas a la difusión del cambio técnico. Cuando se trata de innovaciones de producto, nuevos sectores surgen en la economía que hacen incrementar las inversiones debido al consiguiente aumento de las oportunidades. Si son en innovaciones de proceso, las inversiones en nuevo capital son la forma de introducirlas. Este tipo de innovaciones pueden también generar un incremento del nivel de actividad por el efecto de incentivo que poseen sobre las expectativas de los capitalistas. Las críticas a este mecanismo son las mismas que pueden hacerse a los de nuevas inversiones e innovaciones de productos. Nótese, sin embargo, que este mecanismo es diferente de esos dos. Éste actúa a partir de la mejora en las expectativas que propician las innovaciones y que llevan a un incremento de las inversiones y, por tanto, de la actividad y el empleo. Aquí el origen de las inversiones no es el incremento de los beneficios, sino la mejora de las expectativas.

8. Octavo mecanismo de compensación: el efecto Pigou. Este mecanismo de origen neoclásico es el único de naturaleza monetaria y no real. En la medida en que el cambio tecnológico propicia caídas en los precios, esto significa una revaluación de los estocs monetarios y, en consecuencia, una caída de la demanda de dinero. Ésta, a su vez, origina una reducción en los tipos de interés que incentiva nuevas inversiones.

Dos son las críticas que se le imputan: en primer lugar, la reducción de precios de la que parte; la segunda es que, incluso admitiendo lo anterior, las nuevas inversiones no garantizan una compensación, sino lo contrario si tales inversiones son una forma de incorporar técnicas ahorradoras de trabajo.

Estos mecanismos operan tanto a nivel macro como microeconómico. Por otra parte, salvo el primero de ellos --que por definición es intersectorial--, todos pueden operar tanto en el sector afectado por el cambio técnico como en otros que actúen como suministradores o clientes o aun en sectores independientes --por ejemplo, el incremento de beneficios puede invertirse en cualquier actividad, lo mismo que el incremento de ingresos de los asalariados puede expandir la demanda de bienes no afectados por el cambio técnico--. Por su parte, las innovaciones de productos pueden generar nuevos sectores o bien darse en cualquiera de los existentes. Lo más probable es que unos sectores se vean afectados por innovaciones de procesos y otros por las de productos<sup>139</sup>. En todo caso, estas puntualizaciones dependen mucho del nivel de agregación sectorial utilizado.

La eficacia relativa de cada uno de los mecanismos determina el resultado final. De hecho, existe una jerarquía entre los mecanismos. La formación de nuevo capital resulta imprescindible, porque ciertos mecanismos no pueden funcionar si la economía es incapaz de ofrecer la cantidad adecuada de capital para asociarla con el trabajo que haya de ser reabsorbido. La escasez de capital puede comprometer la efectividad de los mecanismos.

Dos últimas puntualizaciones: normalmente la compensación tiende a generar más oportunidades de absorber a los trabajadores desplazados cuando opera de forma intersectorial, porque estos flujos son más amplios. En segundo lugar, los flujos intersectoriales implican la necesidad de que los trabajadores desplazados hayan de asumir cambios geográficos, sociales y de cualificaciones antes de encontrar un nuevo empleo<sup>140</sup>. Esto es, los nuevos empleos no tienen por qué compartir características con los destruidos. Y normalmente serán diferentes. En el caso del mecanismo de compensación por nuevos productos, por ejemplo, es donde esto resulta más perceptible, pero no tiene por qué ser sólo en este mecanismo. Hasta aquí se ha hecho abstracción de esos factores que añaden nuevos problemas al estudiar la compensación y que fuerzan a la oferta de trabajo a un proceso bastante continuado de reajuste y recualificación.

En Vivarelli (1995), capítulos 7 a 9, se especifica un modelo econométrico susceptible de ser estimado y cuyo objetivo es comprobar si los diferentes mecanismos de compensación operan en la realidad y hasta qué punto son efectivos.

Ese modelo se estimó utilizando datos correspondientes a Italia y a los Estados Unidos para un período de unos veinte años. Una particularidad importante del modelo es que trabaja con horas de trabajo, no con personas, para eliminar así el efecto distorsionador de posibles reducciones de jornada. Reproduzco en el Cuadro 1 los principales resultados de la contrastación

---

<sup>139</sup> Sobre esto puede recordarse la tipología sectorial de Pavitt expuesta en un capítulo anterior.

<sup>140</sup> Los problemas del ajuste exigido por estos cambios es un punto que se subraya mucho en los trabajos de los años ochenta y noventa. Sin embargo, esta preocupación es palpable en textos bastante más antiguos. Véase Nelson et al. (1969), págs. 151 y ss.

empírica de los mecanismos de compensación para esos dos países. Para mayor detalle acerca de la metodología, los datos, el modelo especificado y los resultados, véase la fuente original. En el capítulo seis de esa obra se pasa revista a otros estudios empíricos (económicos e *input-output*) acerca del impacto sobre el empleo del cambio técnico. Sin embargo, como el propio Vivarelli señala, esos trabajos no tienen como propósito hacer una lectura general sobre el paro tecnológico y los mecanismos de compensación, sino estudiar diversos puntos concretos y muchas veces con ánimo predictivo.

### Cuadro 1

	<i>Italia, 1967-86</i>	<i>EE UU, 1966-86</i>
Innovaciones de proceso ahorradoras de trabajo	Confirmación empírica	Confirmación empírica
1. Nuevas máquinas	Confirmación empírica	Sin confirmación empírica
2. Caída de precios	Confirmación empírica	Confirmación empírica
3. Nuevas inversiones	Débil confirmación empírica	Débil confirmación empírica
4. Nuevos productos	Sin confirmación empírica	Confirmación empírica
5. Caída de salarios	Débil confirmación empírica	Débil confirmación empírica
6. Efecto ingresos	Confirmación empírica	Sin confirmación empírica
7. Efecto Schumpeter	Confirmación empírica	Sin confirmación empírica
8. Efecto Pigou	Sin confirmación empírica	Sin confirmación empírica
RESULTADO GENERAL	COMPENSACIÓN SÓLO PARCIAL DEL CAMBIO TÉCNICO AHORRADOR DE TRABAJO	COMPENSACIÓN MÁS QUE TOTAL DEL CAMBIO TÉCNICO AHORRADOR DE TRABAJO A TRAVÉS DE LAS INNOVACIONES DE PRODUCTO: AUMENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DE TIEMPO DE TRABAJO EN LA ECONOMÍA

Fuente: Vivarelli (1995), capítulos 8 (Italia) y 9 (EE UU).

Aparte de estos mecanismos de compensación de mercado, también existen mecanismos “institucionales” --el efecto ingresos también podría considerarse de este tipo-- que operan en determinadas economías y que atenúan los efectos negativos sobre el empleo de las innovaciones de proceso ahorradoras de trabajo. Por ejemplo, la tendencia constante a la reducción de las horas anuales de trabajo *per capita*. Para Vivarelli esta razón es una de las que justifican el no incremento espectacular del desempleo en Italia, habida cuenta de que en esa economía el impacto de las innovaciones de producto no es lo suficientemente fuerte. Esta tendencia se ha desarrollado de una forma *espontánea, no controlada y diferenciada* (pág. 170)

por sectores. Precisamente, el autor aboga por una política económica de reducción de la jornada de trabajo como mecanismo para compatibilizar los incrementos de productividad asociados al cambio técnico con la no destrucción de puestos de trabajo por esa misma causa. Pero esa política debe vencer el inconveniente que hasta ahora ha manifestado: su comportamiento desigual por sectores, de forma que algunos colectivos de trabajadores se han beneficiado de esa reducción y otros no. Se trata de repartir equitativamente los “frutos del cambio técnico”<sup>141</sup>. De ahí que es importante que ese objetivo sea asumido por la autoridad económica. Como también el de la promoción de las innovaciones de producto. Pero como ya se señaló, el cambio técnico posee un impacto muy diferente entre los diversos sectores de la economía, e incluso en el caso de que se produjera una compensación completa, generaría cambios sobre las cualificaciones de la fuerza de trabajo requeridas por las empresas, porque los nuevos empleos --los nuevos sectores o las transformaciones que se producen en los preexistentes-- son diferentes de los antiguos<sup>142</sup>. En consecuencia, la política educativa<sup>143</sup>, de formación profesional y de reciclaje --que debe relacionarse con las anteriores, porque normalmente las personas con mayor grado de formación y cualificación profesional son más fáciles de reciclar-- cobran especial significación en un panorama tan abierto y tan susceptible de modificación como el que surge ante la vista<sup>144</sup>.

En un epígrafe posterior de este capítulo, se discutirá específicamente acerca de las cuestiones aquí anticipadas.

#### *4. Aportaciones modernas*

La visión económica que se tiene del cambio tecnológico determina la interpretación que se haga acerca de las relaciones entre cambio tecnológico y desempleo. Por ejemplo, si se considera que la principal fuerza económica que empuja el cambio técnico es el precio relativo de los factores de producción, entonces, ante una variación de sus precios relativos, se producirían dos efectos: por un lado se tendría una sustitución del factor caro por el barato<sup>145</sup>; y por el otro, se produciría un sesgo del cambio técnico contra el uso del factor encarecido: el cambio técnico generaría tecnologías que utilizaran menos el factor cuya remuneración se ha incrementado

---

<sup>141</sup> Bertrand Russell afirmó que no debería existir la posibilidad de ocho horas al día para algunos y cero horas para otros, sino que deberían ser cuatro horas al día para todos (citado por Sánchez (1997), pág. 20).

<sup>142</sup> Véase, en relación con esto y aplicado al caso de España, Martín (1997a), págs. 73 y ss. y Martín (1997b), págs. 16 y ss. En términos más genéricos, también Sánchez (1997), págs. 42 y ss.

<sup>143</sup> Una vez más puede comprobarse en Nelson et al. (1969), págs. 185 y ss., que la relevancia otorgada al tema de la formación de la mano de obra no es un hallazgo de la última década.

<sup>144</sup> Alonso (1999) analiza los efectos del cambio técnico en el empleo para diversos países de la OCDE a partir de técnicas estadísticas y econométricas y sus resultados son que el cambio técnico afecta positivamente al empleo, salvo en el caso de Grecia.

<sup>145</sup> Esto es un simple efecto sustitución en la demanda de factores que se da en el largo plazo (porque en el corto uno de los factores se considera fijo) y se simbolizaría por un movimiento a lo largo de la isocuanta.

relativamente<sup>146</sup>. Así pues, si un incremento del cociente  $w/r$  genera desempleo tecnológico, este efecto sería reversible si se produce un movimiento opuesto en los precios relativos de los factores que estimula tanto la sustitución de capital por trabajo como tecnologías trabajo intensivas. Como se ve, este enfoque es de filiación claramente neoclásica.

Si el cambio técnico se entiende más como un proceso “a la Schmookler”, esto es, cuando las fuerzas que generan el cambio técnico son impulsadas por la demanda, entonces el paro tecnológico queda enmascarado por el movimiento de la demanda, la inversión y la producción: aunque se produzcan innovaciones ahorradoras de trabajo, el mismo impulso de la demanda absorberá los trabajadores desplazados. Es decir, el origen del paro tecnológico actúa a la vez como mecanismo de compensación bastante (el tercer mecanismo de la tipología del epígrafe anterior).

Cuando en cambio se tiene una visión más compleja de la tecnología, donde ésta actúa en forma de sistemas, y se ve como un proceso acumulativo y en muchos casos irreversible, donde cada etapa de su evolución depende de la precedente, y a la vez influye en la siguiente, cuando, en fin, la tecnología opera dentro de un “paradigma” y una “trayectoria” tecnológicos, entonces la situación se ve como algo diferente. El paro tecnológico puede ser el resultado de la combinación de fuerzas tecnológicas y de mercado. Unas determinadas señales permanentes de mercado pueden marcar trayectorias ahorradoras de trabajo, que una vez adoptadas es imposible de invertir para volver a técnicas trabajo intensivas por más que cambien las señales de mercado originales (por ejemplo, una reducción de los salarios). El cambio técnico puede convertirse en insensible a estos cambios, al menos en el corto plazo. Así, el paro tecnológico se convierte en una opción teórica plausible, si se dan ciertas condiciones históricas y económicas. Este desempleo sería difícilmente resoluble mediante los mecanismos de compensación típicos. El descrito sería un enfoque de signo claramente evolucionista.

En el resto de este epígrafe nos ceñiremos primero a los rasgos esenciales de algunas aportaciones neoclásicas modernas, para pasar después a otras no neoclásicas. Concluiré con unas reflexiones de alcance general.

#### **4.1. Los modelos neoclásicos modernos.**

En general, muchos modelos neoclásicos que pretenden estudiar el desempleo se caracterizan por considerar exógeno el cambio tecnológico, buscando otras explicaciones al fenómeno; asimismo, cuando los modelos son de corto plazo difícilmente se pueden ocupar de un tipo de desempleo que se caracteriza por ser estructural. En otras ocasiones, incluso, se llega a

---

<sup>146</sup> Aquí se produciría un desplazamiento de la isocuanta unitaria hacia el origen. Sobre el tema del sesgo del cambio técnico remito al lector al capítulo respectivo de esta obra.

excluir por hipótesis el cambio tecnológico. Generalmente, los autores neoclásicos siguen siendo partidarios de los mecanismos de compensación, aunque ahora queden plasmados en modelos más formales y menos intuitivos.

Las características generales de este tipo de modelos son: modelos de corto plazo y comparación de dos momentos en el tiempo (estática comparativa), con lo cual el capital se considera fijo; enfoque microeconómico, lo que no contempla las interrelaciones entre diversos sectores; competencia perfecta, con flexibilidad de precios y vaciamiento de mercados; tecnologías de coeficientes variables, que permiten la sustitución entre factores.

En el examen que realiza Vivarelli de este tipo de modelos<sup>147</sup>, el autor señala que éstos continúan defendiendo la validez de los mecanismos de compensación. No obstante, ahora introducen algunos parámetros claves, como son la elasticidad precio de la demanda de producto y la elasticidad de sustitución. Así, cuando se produce un episodio de paro tecnológico por la introducción de alguna técnica ahorradora de trabajo, la subsiguiente caída en la demanda de trabajo generará una reducción de los salarios reales y, al reducirse los costes, esta caída se trasladará a los precios del producto (hipótesis de mercados competitivos<sup>148</sup>), generándose un incremento de la cantidad demandada, que actuará como mecanismo de compensación (el mecanismo dos en nuestra tipología). La elasticidad precio de la demanda mide la magnitud de esa expansión de la demanda del bien considerado a resultas de la caída de precios y, consiguientemente, de la intensidad del efecto compensador.

Además del efecto reductor de precios, la caída de salarios provocará un efecto sustitución --y un sesgo hacia las tecnologías trabajo intensivas--. Aquí el parámetro que mide ese efecto es la elasticidad de sustitución,  $\sigma$ , tal como se la define habitualmente --vid. el capítulo respectivo de este trabajo--. Incluso en el caso de que la producción se mantenga constante, la sustitución activará la demanda de trabajo que compensará la inicial caída. Si sigma es igual a cero --tecnología de coeficientes fijos-- esto no se produciría. No obstante, por hipótesis, esa posibilidad queda descartada, aun cuando en la práctica una sustitución interfactorial imposible o al menos muy dificultosa no resulta en absoluto inverosímil, por las razones que ya han quedado expuestas en lugares anteriores.

A diferencia de los planteamientos originales, que suponían una aceptación completa de los mecanismos de compensación, estos modelos neoclásicos pueden llegar a admitir situaciones de paro tecnológico o compensaciones más difíciles si los parámetros claves presentan un comportamiento desfavorable (una demanda de productos muy rígida o una sigma muy baja),

---

<sup>147</sup> Op. cit., capítulo cuatro, donde se pasa revista a modelos neoclásicos modernos que tratan de las relaciones entre empleo y cambio técnico, como, además de un modelo "estilizado", el de Neary, Dobbs et al., Heffernan, Hall et al., Sinclair, etc.

<sup>148</sup> Hipótesis fuerte en sí misma, y que resulta particularmente discutible en el caso del cambio tecnológico, donde la innovación puede crear posiciones de monopolio para su introductor.

aunque ese comportamiento desfavorable no se considere previsible. Pero cuando menos, los modelos admiten teóricamente la imposibilidad/dificultad de la compensación.

Hay también modelos neoclásicos que abandonan el supuesto del corto plazo y la metodología de la estática comparativa, preocupándose por estudiar la dinámica del sistema<sup>149</sup>. En algunos de estos modelos la cuestión de la difusión de la nueva tecnología cobra especial relevancia<sup>150</sup>. Si bien estas aproximaciones siguen manteniendo determinadas conclusiones típicamente neoclásicas acerca de los mecanismos de compensación, poseen el mérito de una mayor ambición teórica. En un mundo que cambia tan deprisa como el actual y en tantos ámbitos diferentes, el sistema económico no llega a alcanzar el punto final de los ejercicios de estática comparativa, pues antes de darse el nuevo equilibrio las circunstancias han vuelto a cambiar. Estos modelos estudian trayectorias de cambio y no sólo comparaciones entre un equilibrio inicial y otro final.

#### **4.2. Algunas aportaciones “críticas”**

Las aportaciones “críticas” --aunque quizá fuera más acertado llamarlas simplemente “no neoclásicas”-- en términos generales, se han dedicado a cuestionar el papel de los mecanismos de compensación a la hora de garantizar una reabsorción completa de los trabajadores desplazados.

En su examen de esta literatura, Vivarelli (vid. capítulo cinco) destaca las aportaciones de autores como Pasinetti, Falkinger, Sylos Labini, los del “desequilibrio” (como Clower o Malinvaud), los de la regulación (cuyo representante más célebre tal vez sea Robert Boyer) y Freeman, Clark y Soete. Si las visiones neoclásicas modernas especificaban modelos más o menos complejos, a partir de los cuales los mecanismos de compensación aseguraban, bajo ciertos supuestos, la eliminación del paro tecnológico al cabo de cierto tiempo, estas aportaciones críticas plantean unos modelos donde esa reabsorción no tiene por qué ser completa, y normalmente no lo acaba siendo en la práctica. Naturalmente, cada una de esas aportaciones, sus fuentes de inspiración y su entendimiento de la economía es diferente, pero ello no obsta para que compartan ciertas conclusiones. Pero también ciertas limitaciones, porque como señala Vivarelli (pág. 91) son modelos que pretenden subrayar o aclarar ciertos problemas, pero que difícilmente sirven para fundamentar políticas concretas que ayuden a paliar los problemas.

---

<sup>149</sup> Vivarelli, loc. cit., pág. 60, equipara el modelo keynesiano dinámico de Harrod y Domar a los planteamientos neoclásicos en lo que respecta a su aceptación de la eficacia de los mecanismos de compensación que actúan por el lado de la demanda.

<sup>150</sup> Un ejemplo de los mismos es Stoneman (1987a), capítulo 14. De hecho, el impacto sobre el empleo de una innovación dependerá fundamentalmente de la velocidad efectiva de la difusión. Algunas visiones “pesimistas” del cambio técnico como creador de desempleo suponen, con cierto optimismo curiosamente, que la velocidad de difusión es muy alta, cuando esto no es tan claro. Véanse algunos comentarios en Vegara (1989b), pág. 93.

Como ejemplo de las aludidas diferencias entre ellos, el análisis del desequilibrio y su estudio de las restricciones de la demanda agregada son de filiación neokeynesiana, mientras que la aportación de Pasinetti está cerca de la tradición de Sraffa, donde se opera con tecnologías de coeficientes fijos. Por su parte, la aportación de Freeman, Clark y Soete podría ser considerada como neoschumpeteriana. Para Schumpeter el cambio tecnológico posee un doble comportamiento: por un lado genera grandes ciclos expansivos en la economía, pero durante las depresiones es un factor creador de desempleo. Esta es la tradición de la que parten Freeman, Clark y Soete<sup>151</sup>.

Estos tres autores trabajan con los grandes ciclos de Kondratiev --o Kondratieff, según la transliteración utilizada--, las ondas largas de 50-70 años, e incorporan a su análisis una visión histórica de la evolución del capitalismo. Estos ciclos largos se originan por la difusión de grupos de innovaciones, normalmente de productos, introducidas al final del ciclo anterior. Durante la primera fase del ciclo, las oportunidades de negocios son abundantes y ello origina un efecto expansivo duradero. Sin embargo, llega un momento en que los rendimientos comienzan a reducirse, así como a producirse una saturación de la demanda --ocasionada en parte por la proliferación de imitaciones que los competidores alimentan--, con lo que el ciclo económico acaba invirtiéndose. La competencia entre empresas pasa a centrarse en una lucha de tipo oligopólico, a partir de la explotación de las economías de escala y a la introducción de innovaciones reductoras de costes, básicamente ahorradoras de trabajo. Ahora, los mecanismos de compensación no pueden compensar totalmente y sin retrasos esas inversiones "racionalizadoras" y la naturaleza y velocidad del cambio técnico determinan las pautas del desempleo, que pasa a ser, más que una posibilidad, una realidad que obedece a las leyes de funcionamiento del sistema económico. Debe quedar claro que el trabajo de Freeman et al. se aleja de un determinismo tecnológico. Para que la difusión de la tecnología sea efectiva, las transformaciones sociales, políticas, etc., juegan un papel clave.

En todo caso, el enfoque de las ondas largas de desarrollo cubre muchos campos además de las relaciones entre nivel de empleo --o desempleo-- y cambio técnico, y un estudio detallado de dicho enfoque abarcaría un libro no precisamente delgado. Como teoría del ciclo que es, la de las ondas largas aporta una visión general del funcionamiento macroeconómico. Su idea central es que cambios en la tasa de innovación gobiernan los cambios de la tasa de inversión y, por consiguiente, del nivel de actividad económica. Asimismo, hay interpretaciones y aportaciones relacionadas con las ondas largas que pertenecen tanto a la tradición marxista<sup>152</sup> como a la neoschumpeteriana --a la que aquí se ha hecho referencia y la más difundida--, etc.

---

<sup>151</sup> La referencia clave es Freeman et. al (1985). Esta obra es la más citada dentro del enfoque neoschumpeteriano de las ondas largas. Vid. *infra*.

<sup>152</sup> Por ejemplo, una visión "radical" de los ciclos largos, en este caso en relación con el papel de los sindicatos en la economía, en Jacobi (1993).

Para no alargar este epígrafe, bastará señalar que la recuperación del debate acerca de las ondas largas es anterior a la obra de Freeman, Clark y Soete ya mencionada. De hecho, lo que explica su revitalización --recordemos que las aportaciones de Kondratiev y Schumpeter son de la década de los treinta-- es la crisis económica que van a vivir las economías capitalistas a partir de los primeros setenta. En este sentido, los trabajos pioneros en recuperar la idea de los ciclos largos surgen en el ámbito marxista y datan de mediados de los setenta.

Sin embargo, pese al empuje e interés suscitado por los ciclos largos, hay otros autores que formulan objeciones importantes a dicho enfoque. Rosenberg y Frischtak representan una de las posiciones más críticas, puesto que no consideran demostrada la validez de las condiciones lógicas de posibilidad de las ondas largas<sup>153</sup>. Expresado más claramente: nada hay que demuestre la existencia misma de las ondas largas. Señalan Rosenberg y Frischtak (Rosenberg y Frischtak (1994), pág. 62):

Nadie que haya examinado la dinámica de las economías capitalistas en un horizonte de largos periodos históricos puede dudar de que el sistema experimenta variaciones significativas en el largo plazo en sus resultados agregados. La cuestión es si tales variaciones de largo plazo son algo más que el resultado de la suma de sucesos aleatorios y, adicionalmente, si exhiben regularidades temporales recurrentes que estén lo suficientemente bien definidas para llamarlas "ondas largas".

Los autores sostienen que toda teoría que postule la existencia de ciclos largos en cualquier variable económica real debe cumplir con un conjunto de requerimientos lógicamente interdependientes. Y van a estudiar esos requerimientos bajo cuatro categorías: la causalidad, el tiempo, las repercusiones sobre la economía y la recurrencia. Y, como se decía, su conclusión acerca de las existencia de tales ciclos es escéptica, puesto que los requerimientos se muestran indemostrados o no probados (pág. 84).

Como afirma Vegara (1989), pág. 104, *las ondas largas no parecen --por el momento-- ni claramente identificadas ni convincentemente explicadas en términos de impactos de paquetes de grandes innovaciones*. Si pudiera parecer que 1989 queda demasiado lejos, en Patel y Pavitt (1995), pág. 30, se señala que el debate acerca de las ondas largas no fue concluyente, lo que da idea de que sus conclusiones no fueron definitivas o no quedaron definitivamente establecidas. Y utilizo el verbo en pasado porque de hecho las recuperaciones económicas habidas a partir de la segunda mitad de la década de los ochenta --y el menor grado de virulencia, con respecto a la de los setenta, de las recesiones experimentadas a partir de esa fecha-- han restado empuje al enfoque hasta aquí considerado, dedicándosele menos atención y generando menor interés del que concitó en su momento.

---

<sup>153</sup> Un buen resumen de las opiniones de Rosenberg y Frischtak en Vegara (1989b), págs. 100 y ss. El original, de 1984, se reproduce como capítulo cuatro de Rosenberg (1994a).

## *5. Variaciones cualitativas sobre el empleo y propuestas de futuro*

Hasta aquí básicamente se ha aludido a impactos cuantitativos del cambio técnico sobre el empleo, fundamentalmente a través de la posibilidad de que se produzca o no desempleo tecnológico. Esto ha llevado a discutir sobre los mecanismos de compensación y sus críticas.

No obstante, además de esto, el cambio técnico genera importantes efectos cualitativos sobre el trabajo, entendiendo éstos como modificaciones de las condiciones de trabajo, del entorno económico que afectan al mismo, etc. Estos impactos cualitativos del cambio técnico sobre el trabajo pueden generar problemas graves en ocasiones. A discutir tanto algunos de estos efectos como los posibles problemas que puedan acarrear se dedica este epígrafe, que se completará con la inclusión de referencias a las políticas económicas diseñadas para combatir dichos inconvenientes. Dado, además, que el cambio técnico también puede generar desempleo se mencionarán algunas propuestas de políticas de empleo que se han elaborado en los últimos años y que pretenden ofrecer respuestas imaginativas al problema del paro estructural --uno de cuyos componentes es el tecnológico--, vistas las insuficiencias que tanto las políticas neoclásicas de contención de las rentas del trabajo, como las keynesianas de activación de la demanda han mostrado a la hora de luchar contra un paro que se ha ido convirtiendo en crónico. Unas medidas cuya efectividad se circunscribe más bien al paro coyuntural.

### **5.1. Las variaciones en los puestos de trabajo: el problema del ajuste y los requerimientos formativos**

Uno de los primeros problemas que surgen ya había sido aludido parcialmente cuando se realizaban determinadas matizaciones a la compensación o reabsorción de los trabajadores desplazados. Vuelvo sobre el argumento.

Incluso si los mecanismos de compensación operasen plenamente, los nuevos empleos no tendrían por qué ser iguales a los destruidos, sino más bien muy diferentes. En realidad, esto se puede afirmar de todos los empleos inducidos por el cambio técnico a través de los mecanismos de compensación, independientemente de si suman tantos como los destruidos, más o menos. Y serían diferentes, decimos, tanto por lo que respecta a los sectores afectados, las cualificaciones requeridas de los trabajadores, e incluso locacionalmente, pues nada obliga a que los nuevos empleos se creen allá donde estuvieron los antiguos. En realidad, el hecho de que se puedan producir tantos cambios actúa como un factor que predispone a pensar en contra de la posibilidad de una compensación completa, aunque no se trata de discutir ahora este particular. Si se producen todos esos cambios en la demanda de trabajo, habrá que realizar importantes procesos de ajuste en la oferta para que no se produzcan desequilibrios en los mercados de trabajo. Pero

ese proceso de ajuste no resulta fácil, precisamente por la magnitud de los cambios. Si la población parada no puede reciclarse tendrá menos posibilidades de encontrar un empleo, pudiendo suceder que no lo encuentre más, sobre todo si se trata de personas de cierta edad. Este tipo de personas, cuando además presentan bajos niveles de formación, se enfrentan a obstáculos muchas veces insalvables que les impiden el reciclaje. En general, estos problemas de inadecuación entre oferta y demanda de trabajo tienden a aumentar las tasas de paro de larga duración. Si a su vez estos colectivos son muy numerosos, la posibilidad de una fractura social, de una dualización de la sociedad, deja de ser algo remoto. Lo mismo sucede si esos cambios se concentran espacialmente.

En suma, el cambio técnico genera empleos diferentes a los antiguos y esas diferencias exigen un proceso de ajuste, que no siempre es fácil y nada garantiza que no se produzcan exclusiones. He aquí un efecto de naturaleza cualitativa.

También se había hecho hincapié más arriba en la importancia que cobran en contextos tan movedizos como los presentes las políticas educativas, de formación profesional, de reciclaje y de formación continua. Esto es así, entre otras razones, porque se supone que trabajadores más cualificados poseen un mayor potencial de aprendizaje y de adaptación a nuevas tecnologías. Éstas, a su vez, precisan la existencia de personal cualificado para su uso y mantenimiento.

Desde el punto de vista empresarial, en Warner (1994) puede verse una sucinta referencia a las relaciones entre innovación y adquisición de cualificaciones --técnicas, comerciales y sociales-- a la luz de la experiencia en el Reino Unido, Alemania, Japón y Estados Unidos, tanto en centros educativos como en la propia empresa. Así, por ejemplo, el éxito alemán en la consecución de innovaciones de productos y en la tasa de aplicación de la microelectrónica en la industria es mayor que en otros países debido a sus infraestructuras para la formación y cualificación de la mano de obra (vid. pág. 353).

## **5.2. Las relaciones entre innovación tecnológica y el sistema de relaciones industriales**

Otro efecto que no carece de interés es el estudio de las relaciones existentes entre la innovación tecnológica y el sistema de relaciones industriales (o laborales), que se influyen y condicionan mutuamente. Una revisión del tema puede consultarse en Martin (1994), quien estudia los dos sentidos de esas influencias. Es decir, el efecto de las relaciones industriales sobre la innovación y el de ésta sobre aquella. Expondré casi taquigráficamente y de forma

separada los principales determinantes de ambos sentidos. Para más detalles puede consultarse la fuente original<sup>154</sup>.

Por lo que hace al primero de ellos, el sistema de relaciones laborales afecta a cuatro elementos de la innovación:

1. Los motivos: la reducción de los costes de producción, mediante la reducción de la cantidad y la calidad --si es posible-- del trabajo; el aumento del control del trabajo por parte de la dirección; utilización más flexible y creativa del trabajo.

2. El contenido de la innovación. Éste depende de los motivos, los recursos y las capacidades. La importancia del marco de relaciones laborales sobre el contenido es poca. Los sindicatos o las plantillas no están normalmente muy presentes en la concepción inicial o en la planificación de la innovación.

Ahora bien, el contenido de la innovación puede requerir cambios en los niveles de cualificación y la necesidad de acomodar a la innovación las estructuras de relaciones laborales existentes. Y estas cuestiones son ejemplos de la influencia de la innovación en las relaciones laborales.

3. El proceso de instrumentación de la innovación necesita tener en cuenta la organización social, incluyendo las plantillas y las organizaciones sindicales, así como la forma física del proceso de producción. Para Martin (op. cit., p. 340), el mayor impacto de las relaciones laborales se produce en este proceso, donde cobra un papel muy importante la participación o no de los trabajadores y sus representantes: esto es, si la introducción de la nueva tecnología se realiza por imposición unilateral de la dirección, mediante consultas, o bien de forma negociada.

4. Los resultados: la efectividad de la innovación está muy influida por el sistema de relaciones laborales, tanto en el nivel colectivo como en el individual. El impacto de las relaciones laborales sobre los resultados de la innovación puede operar de tres maneras: en primer lugar, volviendo improbable la introducción misma de la innovación; en segundo, reduciendo los beneficios derivados de la innovación, mediante el retraso o el aumento del coste; por último, distorsionando la forma final de la innovación, con lo que no se conseguiría el beneficio potencial que de ella se espera.

En cuanto al impacto que la innovación ejerce sobre las relaciones industriales, las podemos resumir en cinco categorías afectadas:

1. Las tareas desarrolladas en el trabajo. La innovación incrementa el nivel de cualificaciones relacionadas con las tareas laborales más bien que lo contrario. El repertorio de cualificaciones se ensancha, sobre todo en las "intelectuales". El efecto conjunto de los cambios

---

<sup>154</sup> Asimismo, otro trabajo interesante al respecto, aunque algo anterior, es Sorge y Streeck (1993) --su primera versión es de 1986--, que presenta un enfoque más teórico, pero menos didáctico.

es incrementar la proporción de trabajadores cualificados en la fuerza de trabajo, sobre todo en el sector privado--sobre estas cuestiones se insistirá, empero, más abajo--. Asimismo es probable que incrementen la responsabilidad, aunque sólo sea por el mayor valor del equipo con el que se opera.

2. La organización del trabajo: se refiere esto a las pautas en el uso de los trabajadores resultantes de los requerimientos técnicos del sistema de producción y de las estrategias de control de los empresarios. Formarían parte de estos efectos las cuestiones relacionadas con la flexibilidad interna del trabajo<sup>155</sup>, la posibilidad de deslocalizar, total o parcialmente, actividades productivas, lo que da lugar o intensifica el proceso de globalización, etc. La innovación puede influir en la organización del trabajo de forma directa --porque se necesite reasignar el trabajo-- o indirecta --en relación con la adaptación en las estrategias de control. Estos cambios afectan al grado de unión de las plantillas.

3. El sistema de retribuciones de los trabajadores. Y concretamente, a tres aspectos del mismo: los niveles; los diferenciales entre categorías y entre establecimientos; los principios que rigen al sistema mismo, en ocasiones.

4. El nivel de empleo. Sobre esta cuestión creo excusado insistir más.

5. Las organizaciones sindicales. De cinco formas: cambios en los niveles de empleo en sectores específicos, donde la racionalización significa reducir el número de empleados, afecta al reclutamiento de nuevos miembros y a los niveles potenciales de militancia; cambios en la distribución del empleo entre sectores y entre ocupaciones afecta al alcance del reclutamiento de nuevos miembros; el cambio puede minar la influencia política de grupos específicos dentro de los sindicatos; el crecimiento de los ingresos de los trabajadores puede afectar a la solidez financiera de las organizaciones, en un doble sentido: más ingresos pueden suponer mayores cuotas y más militantes más recaudación para el sindicato, pero también puede darse una caída en la militancia, con los efectos opuestos; cambios en la distribución de las tareas laborales pueden cambiar las líneas de demarcación entre sindicatos, ganando miembros unos a costa de otros. Naturalmente, este conjunto de efectos son más dables en ciertos tipos de sindicalismo que en otros. Por ejemplo, el último es claro en un sindicalismo sectorial.

Martin sostiene (p. 345), contra otras opiniones, que el sistema de relaciones laborales, al menos en el Reino Unido, ha jugado un papel menor a la hora de explicar las debilidades en el proceso innovador. Factores más relevantes son las escasez de capital, falta de cualificaciones técnicas apropiadas, etc. Concretamente, sobre el papel de los sindicatos en ese país, el autor afirma que han mostrado una actitud general favorable hacia el progreso técnico, tanto por

---

<sup>155</sup> Sobre el impacto del cambio técnico en la organización de las empresas, especialmente en relación con la flexibilidad, puede verse Sánchez (1997), págs. 45 y ss.

principio como en la práctica. Los desacuerdos con los empresarios han sido sobre el precio a pagar por la innovación, no por la innovación en sí.

### 5.3. El progreso tecnológico sesgado hacia las cualificaciones

Otro aspecto que preocupa a los estudiosos de las relaciones entre empleo y cambio técnico es la posible existencia de un sesgo de este último en favor de unos determinados colectivos de trabajadores. Aludo concretamente a si se produce un cambio técnico sesgado en favor o en contra de los trabajadores cualificados o no cualificados<sup>156</sup>.

La idea que subyace a esto (Castillo y Jimeno (1997), pág. 214) es que si se admite que el progreso tecnológico, ya afecte a productos, ya a procesos, y el capital humano son factores complementarios, el avance técnico afectaría positivamente a la demanda de trabajo cualificado y negativamente a la demanda de trabajo no cualificado. Se entiende que el trabajo cualificado es aquél que incorpora capital humano. Dicho de otro modo, el progreso técnico sería complementario del trabajo cualificado y sustitutivo del no cualificado.

En consecuencia, en las tradicionales clasificaciones del cambio técnico como ahorrador de trabajo, habría que distinguir entre trabajo cualificado y no cualificado, entendiendo que lo más probable es que fuera ahorrador de trabajo no cualificado.

Si esto es así, los efectos del cambio técnico sobre el trabajo dependerían, por tanto, de su grado de cualificación, y también de cómo se determinen los salarios, por las razones que después se explicarán.

Castillo y Jimeno, en la referencia indicada, proponen un modelo de progreso tecnológico sesgado en favor de los trabajadores cualificados y estudian cuáles serán las repercusiones de ese progreso sobre el nivel de empleo y los salarios de cada uno de esos dos grupos de trabajadores<sup>157</sup>. Se entiende por progreso tecnológico sesgado en favor de la cualificación aquél que aumenta la productividad marginal de los trabajadores cualificados y que es sustitutivo del trabajo no cualificado. Nótese que estas dos últimas proposiciones participan de lleno en la percepción neoclásica del mundo: por un lado se va a poner en relación las retribuciones de los asalariados con la productividad y se va a suponer la sustituibilidad entre trabajo no cualificado e innovaciones que son complementarias del trabajo cualificado, esto es, del capital humano. Las conclusiones del modelo refuerzan su adscripción neoclásica, como luego se verá.

---

<sup>156</sup> Aunque se trate de una cuestión diferente, ya Piore observó hace décadas que la tecnología empleada por las empresas era una de las causas de la dualización del mercado de trabajo. Véase Piore (1983a, 1983b).

<sup>157</sup> En realidad su propósito es empírico, puesto que estudian el caso de España. Aquí, sin embargo, me centro exclusivamente en las características teóricas del modelo.

El modelo, que parte de funciones de producción CES para las empresas, se plantea en dos escenarios diferentes, uno de competencia perfecta y otro con rigidez de salarios, provocada ésta por razones institucionales, como el proceso de negociación colectiva. Una vez más, los responsables de toda rigidez en el mercado son los sindicatos cuya existencia y acción impide a las fuerzas del mercado realizar sus ajustes. Veamos las conclusiones a las que se llega en ambos escenarios.

Cuando la estructura del mercado de trabajo es la competencia perfecta, el progreso tecnológico sesgado en favor de la cualificación aumenta la dispersión salarial. Lo cual era previsible. Si por definición el progreso sesgado eleva la productividad del trabajo cualificado, lo que sucederá es que los salarios de los trabajadores cualificados se incrementarán y los de los no cualificados quedarían igual si su productividad no variase. Pero como es probable que la demanda de trabajo no cualificado decaiga, así también sus salarios si la oferta no varía. Esto abre el abanico salarial. Los trabajadores no cualificados mantendrán su empleo a costa de percibir un salario menor. En este caso, los efectos del progreso tecnológico sobre la dispersión salarial sólo pueden compensarse con un aumento de la oferta relativa de trabajadores cualificados (op. cit., p. 219). Aquí aparece el mecanismo de compensación típicamente neoclásico de la reducción de los salarios, sólo que exclusivamente para los trabajadores no cualificados. Si los salarios de estos últimos son flexibles a la baja no se producirá desempleo tecnológico.

El segundo escenario implica rigidez de salarios. En realidad se supone que el mercado de trabajo cualificado sigue siendo perfectamente competitivo, pero el salario de los trabajadores no cualificados se determina mediante negociación colectiva con un resultado de rigidez<sup>158</sup>. Así, el progreso tecnológico sesgado en favor de la cualificación aumenta la dispersión salarial, aunque menos que en el escenario anterior. Como es lógico, por la misma razón que antes, los salarios de los cualificados se incrementarán, pero los de los no cualificados se reducirán menos que en condiciones competitivas. Luego el abanico salarial se abre, pero menos. Como segunda conclusión, disminuye el nivel de empleo o aumenta la tasa de paro de los trabajadores no cualificados. Es decir, el ajuste que no se puede hacer por precios se realiza por cantidades.

Se ha visto, pues, cómo los efectos del progreso técnico sesgado en favor de la cualificación dependen de los mecanismos de determinación salarial. Ahora bien, este modelo no explora la dinámica o la evolución de la oferta del trabajo tanto cualificado como no cualificado. Es lógico suponer que si el horizonte temporal considerado se amplía, *ceteris paribus*, es probable

---

<sup>158</sup> Este doble supuesto parece como mínimo un poco forzado. Una visión algo menos rígida de la realidad sugiere que precisamente tiende a ocurrir lo contrario. Normalmente, los trabajadores internos, que poseen y ejercen su poder de mercado en la negociación colectiva, tienden a ser más bien trabajadores cualificados, mientras que los externos, los que deben afrontar las condiciones más competitivas, suelen ser los menos cualificados.

que parte de la oferta no cualificada tenga incentivos para adquirir cualificaciones, pese al coste de ese proceso. En efecto, puede ser una forma tanto de incrementar su nivel de ingresos como de encontrar empleo, en el caso de que los salarios sean rígidos. Aquí es significativo el papel que puede jugar la política económica, el sector público como oferente --productor o proveedor-- de cualificaciones.

Dentro de esta línea de investigación acerca del cambio técnico sesgado hacia el trabajo cualificado, en Berman y Machin (1995) se ofrece un trabajo empírico aplicado a diversos países. Sus conclusiones más interesantes son (vid. pág. 205 y s.):

1. Existe evidencia empírica relacionada con la hipótesis de que los cambios observados hacia un incremento en el uso de trabajadores de “cuello blanco” en muchos países ha sido ampliamente inducida por la introducción de diversos cambios técnicos sesgados a favor de la cualificación.

2. En EEUU y el Reino Unido, la mayoría del cambio hacia el empleo de trabajadores de “cuello blanco” ha ocurrido DENTRO de un sector más bien que ENTRE sectores. Esto parece inconsistente con cambios en la demanda de productos que reasignan trabajo proveniente de sectores que requieren bajas cualificaciones hacia los que las exigen altas. Pero sí resulta consistente con la idea de que el cambio técnico sesgado en favor de la cualificación ha modificado la composición intraindustrial del empleo.

3. Hay evidencia empírica para esos dos países de que cuanto más avanzado es tecnológicamente un sector, tanto más susceptible resulta de experimentar mayores cambios hacia el trabajo de “cuello blanco”.

4. A partir de datos provenientes de once países, entre los que se cuenta España, se demuestra que en los once se ha producido un cambio hacia el empleo de trabajo de “cuello blanco” y que la mayor parte de esos cambios se han producido dentro del mismo sector (para España el porcentaje del cambio dentro del sector es de un 84 %, para el período 1968-90).

5. Se da el caso de que para la mayoría de los países considerados --aunque no para España--, los cambios intraindustriales están correlacionados positivamente entre países, lo que sugiere que esa tendencia creciente de las cualificaciones ha estado ocurriendo en los mismos sectores en los diferentes países. Es decir, hay una cierta homogeneidad en el comportamiento sectorial en muchos de esos países en lo tocante al tema que aquí se trata.

Todos estos resultados son muy consistentes con la noción de que el cambio técnico sesgado hacia la cualificación que se ha producido en puestos de trabajo y sectores similares en varios países ha ejercido un impacto asimismo similar en la estructura del empleo en esos países.

Como conclusión general a este apartado, señalaré que para algunos autores el cambio técnico reciente y especialmente el ligado a las tecnologías de la información y la comunicación está sesgado hacia el trabajo cualificado (vid. por ejemplo Freeman y Soete (1997), pág. 402), con

las repercusiones negativas que ello puede generar en las personas y colectivos que posean más dificultades para la adquisición de cualificaciones y/o para su reciclaje profesional.

#### **5.4. Algunos efectos específicos del cambio técnico sobre la oferta de trabajo**

Esta multiplicidad de efectos cualitativos del progreso sobre el trabajo no sólo se produce desde el lado de la demanda --aun cuando éste sea el más enfatizado-- sino que afecta también a la oferta. Estos impactos juegan un papel cada vez más relevante en su relación con el empleo, y entre ellos se pueden citar los siguientes:

1. El hecho de que el progreso afecte a las fuentes de información permite facilitar el acceso a la misma, con lo que las personas que buscan un empleo --sea porque estén parados o porque deseen mejorar su situación-- tendrán más oportunidades de hallarlo, tendiéndose así a reducir el nivel de desocupación<sup>159</sup>.

2. La mayor flexibilidad que el cambio técnico permite habilita el que más personas puedan convertirse en empleados por cuenta propia --autoempleo-- o que trabajen desde su propia casa.

3. El avance tecnológico en los electrodomésticos, en la industria alimentaria, etc. libera tiempo de las tareas domésticas que puede asignarse al disfrute de más ocio o a ofrecer más trabajo. Ésta sería una de las explicaciones de por qué la mujer se ha ido incorporando en las últimas décadas al mercado de trabajo --en muchos países, esto explicaría también el auge del trabajo a tiempo parcial.

4. Las técnicas que aseguran el control de la natalidad han colaborado en esa misma dirección.

5. Las tecnologías de la salud han hecho posible la prolongación de la vida y una mejora de su calidad y por tanto han aumentado la vida laboral potencial.

Nótese que muchos de estos factores aumentan la oferta de trabajo y pueden tener un impacto negativo sobre el nivel de desempleo.

#### **5.5. Algunas propuestas de política de empleo**

Ya se indicó hacia el principio de este capítulo que el cambio tecnológico que se experimenta en los últimos tiempos presenta características que lo distinguen del avance registrado en décadas y aun en siglos anteriores. Una de ellas, quizá la más perceptible, su rapidez. Esos rasgos diferenciales permiten sostener la tesis de que el cambio tecnológico puede generar desocupación y que los mecanismos de compensación no bastan para reabsorber a los trabajadores desplazados por el progreso. Hay trabajos empíricos que justifican la idea de que, al

---

<sup>159</sup> Éste es un efecto en sintonía con lo descrito por los modelos de búsqueda de empleo.

menos para ciertas economías y periodos concretos, la compensación no es completa. Si es así, ¿hay que resignarse a padecer un nivel de paro crónico, con los problemas económicos, sociales y personales que ello implica? ¿O hay que parar el ritmo del progreso técnico? Parece que la respuesta más aconsejable a ambas preguntas habría de ser la negativa. La primera, por razones obvias. La segunda, porque ralentizar el cambio técnico significa renunciar deliberadamente a alcanzar mayores cotas de bienestar para todos. Para todos, porque permite crear nuevos bienes y servicios que antes no existían y así satisfacer nuevas necesidades o resolver mejor las que ya existían. Y para todos también porque gracias al cambio técnico, gracias a la reducción de costes en la producción, muchos bienes y servicios quedan al alcance de personas que de otra forma no podrían disfrutarlos.

Por consiguiente, el objetivo que se plantea es crear empleo para reducir la profunda bolsa de paro estructural y --en el caso de que sea cierto que el cambio técnico crea desempleo-- el que pueda generar un ritmo de progreso que cada vez se muestra más acelerado. Y eso debe hacerse a partir de propuestas innovadoras, puesto que las políticas macroeconómicas de gestión de la demanda, en la línea keynesiana, o las políticas de inspiración neoclásica, como las de moderación salarial, se han mostrado incapaces de resolver el problema.

Lo dicho no debe interpretarse como una minusvaloración del papel de las políticas macroeconómicas tradicionales. Muy al contrario, la correcta gestión de las grandes políticas instrumentales se revela como una condición necesaria, aunque no suficiente, para la creación de empleo. Sin estabilidad macroeconómica no se puede aspirar a crear empleo, ni mucho, ni poco. Así, unas políticas monetarias que mantengan el tipo de interés a niveles razonables o políticas fiscales que no provoquen efectos desplazamiento acusados, repuntes inflacionarios o déficits en las cuentas exteriores deben ser siempre el marco sobre las que deben descansar las otras. Y lo mismo puede decirse de políticas que afectan a la definición del marco institucional en que opera la economía, como la política de defensa de la competencia.

Así, y como ejemplo de esas propuestas imaginativas, en los años noventa se ha empezado a hablar del desarrollo de los *nuevos yacimientos de empleo*, es decir, de aquellas actividades que en los próximos años pueden generar grandes volúmenes de ocupación. Actividades que se suelen ubicar en los servicios, donde es más difícil sustituir trabajo por capital físico y donde, por consiguiente, las inversiones racionalizadoras son menos probables, con lo cual son actividades intensivas en trabajo, y en trabajo muy cualificado normalmente. Y además, como casi todos los servicios, están por su propia naturaleza al abrigo de la competencia extranjera.

Estos servicios que constituirían los nuevos yacimientos de empleo hasta ahora no se han desarrollado significativamente porque su finalidad es satisfacer unas necesidades que sólo surgen de una forma extensiva en sociedades muy prósperas. Unas necesidades que sólo revelan su exigencia una vez se han resuelto otras más básicas.

Sobre todas estas medidas, la que ahora es la Unión Europea elaboró en 1993 el Libro Blanco para el Empleo, el llamado Informe Delors --el entonces Presidente de la Comisión--, donde se establecían las líneas de actuación a seguir por la UE en los años subsiguientes. Ese documento ha abierto las puertas a otros, y resulta importante porque además de ser un trabajo precursor aborda la cuestión del desempleo realizando propuestas bastante innovadoras.

Cito algunos de esos nuevos yacimientos de empleo (vid. Sánchez (1997), pág. 64 y ss. y 81 y ss.): actividades e industrias medioambientales; servicios relacionados con el ocio y el turismo; servicios relacionados con la salud; servicios sociales, como la atención a colectivos específicos como ancianos o minusválidos, tareas que tradicionalmente habían sido desarrolladas por voluntarios; promoción del autoempleo; determinados servicios públicos como el desarrollo del sector de la educación y la formación, pensando en la importancia que tendrán el reciclaje y la formación continua en el futuro inmediato.

Algunas de estas medidas forman parte de las políticas activas de empleo --las políticas que pretenden la creación de empleo: el fomento del autoempleo a partir de la capitalización de la prestación por desempleo, las políticas de formación profesional y reciclaje, las políticas dirigidas a colectivos específicos, etc.. Profundizar en el desarrollo de las políticas activas es otra estrategia para la reducción del paro.

Otra propuesta que se apunta, y sobre la que ya se indicó alguna cosa, es la reducción de la jornada de trabajo PARA TODOS o el reparto del trabajo. Esta medida no va a resolver por sí misma los problemas, pero puede contribuir a paliarlos. Además, el sólo hecho de que tal medida permitiría disponer de más ocio la hace de por sí deseable<sup>160</sup>. El cómo deba instrumentarse, tanto en lo que toca al marco normativo --si por ley o por negociación-- como a la cuestión salarial --si manteniendo el salario mensual o sólo manteniendo la tasa salarial-- es cuestión que ahora se nos escapa<sup>161</sup>.

Además de los yacimientos de empleo, de las políticas activas y del reparto del trabajo, están las nuevas ramas industriales que surgen como consecuencia del desarrollo tecnológico. Dentro de ellas, poseen una singular relevancia lo que se ha llamado las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC). Las TIC influyen sobre el empleo tanto porque afectan a muchos sectores económicos, a los que suministran bienes de equipo, por ejemplo, como porque constituyen en sí mismas un sector económico importante. Acerca de la magnitud del impacto que sobre el empleo pueden tener hay opiniones tanto optimistas como pesimistas. Para las primeras, las nuevas oportunidades que ofrecen son una fuente abundante de puestos de trabajo. Las segundas acotan la magnitud de esa expansión. En todo caso, debe recordarse que se trata de actividades sesgadas hacia los trabajadores cualificados.

---

<sup>160</sup> Recuérdese que incluso para la teoría neoclásica, el trabajo es un "mal".

<sup>161</sup> Un trabajo riguroso al respecto es Anisi (1996), donde se proponen diversas alternativas a la hora de aplicar esta medida.

Freeman y Soete, que en un libro reciente reflexionan sobre las relaciones entre cambio técnico y empleo haciendo hincapié en el impacto de las TIC, señalan lo siguiente en una página de dicha obra (Freeman y Soete (1996), p. 88):

La velocidad de expansión y la consiguiente posibilidad de creación de empleo dependerá de la política económica general y de las políticas específicas de cambio institucional en áreas relacionadas con las TIC que se adopten en los próximos años.

Sin ir más lejos, la necesidad de construir infraestructuras para la información y los servicios multimedia --por ejemplo, llevar el cable de fibra óptica a todas las casas, como en su día se hizo con el tendido eléctrico o el gas-- es ya una gran fuente de ocupación<sup>162</sup>. Y resulta importante no dejar que colectivos enteros queden al margen de este proceso, como pudieran ser los núcleos rurales o de difícil acceso. En una sociedad democrática no es tolerable que grupos enteros queden rezagados. Por otra parte, los mismos autores consideran la inversión en educación como una inversión en infraestructura social (op.cit., págs. 177 y ss. y también Sánchez (1997), págs. 76 y ss.), subrayando una vez más el papel decisivo que le corresponde a esa actividad en los desafíos y oportunidades que traerá consigo el futuro inmediato.

En su imponente trabajo sobre la era de la información, Manuel Castells --Castells (2000), págs. 307 y ss-- analiza el impacto de las tecnologías de la información sobre el empleo y revisa un sinnúmero de trabajos empíricos. Su conclusión es la siguiente: *En suma, como tendencia general, parece que no existe una relación estructural sistemática entre la difusión de las tecnologías de la información y la evolución de los niveles de empleo en el conjunto de la economía* (pág. 320), lo que no quiere decir que no se produzcan importantes cambios sectoriales o que no se incremente la productividad. Sin embargo, el autor alerta sobre la idea de que si no se controla este proceso y se deja al libre arbitrio de las fuerzas del mercado, el proceso puede llevar a un incremento de la polaridad social.

---

<sup>162</sup> Sobre el tema de la inversión en infraestructuras relacionadas con las TIC, vid. obra citada, págs. 167 y ss.

## Capítulo diez. La dimensión internacional del cambio técnico.

### 1. Introducción

Este capítulo pretende ser una introducción a algunas de las principales aportaciones realizadas dentro de la economía del cambio tecnológico en relación con su dimensión internacional, fundamentalmente el comercio, pero también la transferencia internacional de tecnología.

No se entrará con detalle por tanto en las principales explicaciones de la teoría del comercio internacional<sup>163</sup>, como las basadas en la ventaja comparativa (el modelo ricardiano de la productividad del trabajo, el Heckscher-Ohlin-Samuelson de dotación relativa de factores, H-O-S en lo sucesivo) o las nuevas teorías del comercio internacional basadas en la ventaja adquirible, los rendimientos crecientes, el cambio técnico endógeno y la competencia monopolística a partir de la diferenciación del producto. De hecho, esta “nueva” teoría del comercio internacional está muy relacionada con la “nueva” teoría del crecimiento de autores como Romer, y cuyos puntos esenciales han sido ya recogidos en un capítulo anterior.

Por consiguiente, en este capítulo interesa más ver las relaciones específicas entre tecnología y comercio o transferencia. Y aun incorporando esta restricción, el tema resulta de por sí lo suficientemente amplio como para seleccionar mucho lo que debe exponerse, por lo que me ceñiré a las cuestiones más relevantes.

### 2. Algunas características de la dimensión internacional de la tecnología

Cuando se consideran las diferencias en el tratamiento del aspecto internacional y del doméstico del hecho tecnológico aparecen cuatro factores distintivos que caracterizan al primero (Lyons (1987), pp. 171 y ss.):

i. Mayor diversidad de talentos: tanto en el sentido de que puede haber mayor número de personas trabajando en los mismos problemas, o bien que las diversas circunstancias y los diversos problemas de cada sitio generan un mayor número de ideas disponibles.

---

<sup>163</sup> Cualquier manual de economía internacional se dedica a esto de forma harto extensiva. Por ejemplo, en Krugman y Obstfeld (1993), capítulos dos a seis, se puede encontrar una amplia revisión de los modelos convencionales y modernos de comercio internacional dentro de una cierta ortodoxia neoclásica. En Dosi et al. (1990), capítulo 2, se ofrece una visión menos detallada de las teorías del comercio internacional, pero más plural en cuanto a las escuelas de pensamiento económico recogidas.

ii. Mayor tamaño de mercado: con el mayor incentivo a la innovación, pero con un mayor nivel de competencia, que puede contrarrestar el anterior incentivo.

iii. Historias diferentes: diferencias legales, institucionales, históricas, que hacen posible que cada país desarrolle tecnologías diferentes de acuerdo con ellas. Pequeñas diferencias iniciales pueden generar con el tiempo pautas de especialización muy diferentes. Precisamente, un cuerpo de teoría importante viene insistiendo desde hace algunos años sobre la importancia de la historia.

iv. Gobiernos separados: característica especialmente relevante cuando se tratan temas de política. Por ejemplo, la posibilidad de capturar rentas de monopolio a través de los subsidios a ciertas actividades (política comercial estratégica). Aquí, en general, juega todo el instrumental típico de la política comercial: aranceles, subsidios de todo tipo, cuotas, sistemas de patentes, etc.

### *3. El modelo neoclásico básico de comercio internacional: supuestos y limitaciones*

Si el modelo clásico del comercio internacional es el de Ricardo y Stuart Mill, que se basa en la ventaja comparativa proveniente de las diferencias entre países en la productividad del trabajo y que es consistente con la teoría del valor trabajo defendida por los clásicos<sup>164</sup>, el modelo neoclásico básico es el H-O-S (vid. una exposición en Krugman y Obstfeld (1993), capítulo cuatro) que presenta otra versión de la ventaja comparativa, esta vez fundamentada en la dotación relativa de factores<sup>165</sup>. Esta teoría tradicional neoclásica del comercio atribuye las pautas observadas del comercio a la distribución de unas ventajas comparativas que son estáticas y exógenas. La ventaja comparativa depende de la dotación de factores productivos y de la tecnología. Según esta teoría, el comercio, con competencia perfecta en todos los mercados, generará ganancias en bienestar para todos los participantes. Además, las ventajas derivadas de una intervención pública no serán relevantes.

El modelo H-O-S, en una versión sencilla, parte de dos países que producen cada uno de ellos dos bienes, existiendo dos factores de producción: trabajo y capital. En esencia, el modelo predice, a partir de ciertos supuestos, que los países se especializarán en la producción de aquellos bienes que son intensivos en el uso del factor de producción abundante en el país.

Merced al comercio, los precios mundiales de los productos se igualarán y ello generará a su vez, debido a la existencia de funciones de producción bien definidas e idénticas entre países --

---

<sup>164</sup> Para una descripción del modelo puede consultarse por ejemplo Blaug (1985), págs. 165 a 171. También Krugman y Obstfeld (1993), capítulo dos.

<sup>165</sup> Una exposición algo más formal de este análisis estático de los conceptos de ventaja comparativa, tanto dentro del modelo ricardiano como del H-O-S, puede consultarse en Hall (1994), págs. 385 a 389 y 398 a 401. En esta misma fuente (págs. 389 y ss.) puede consultarse una discusión sobre la clasificación de los sesgos tecnológicos de importación y exportación en las pautas de comercio originados a partir de cambios exógenos.

más abajo se insistirá sobre esto--, la igualación de los precios de los factores a nivel mundial. Es decir, el precio del capital se igualará en todos los países y lo mismo el del trabajo. Y esto se produce aun en el supuesto de completa inmovilidad internacional de los factores. De ahí que al modelo H-O-S a veces se le denomine también modelo de igualación de los precios de los factores. Los ajustes de la producción por medio de los cuales tiene lugar tal igualación son la especialización en la producción de bienes intensivos en el uso del factor abundante en el país.

El modelo contempla asimismo otras repercusiones de esta especialización, como las relativas a la distribución de la renta en cada uno de los países, donde ganan los propietarios del factor abundante y pierden los del escaso.

Los principales supuestos del modelo son (Dosi et al. (1990), pág. 17): 1) los países producen antes del comercio los dos bienes. Esto equivale a decir que la igualación de los precios de los factores se produce sólo si los países implicados son suficientemente similares en sus dotaciones factoriales relativas (Krugman y Obstfeld (1993), pág. 93); 2) las diferencias en las técnicas pueden ser adecuadamente representadas por funciones de producción. Éstas representan los rasgos esenciales de las actividades productivas en el mundo real y son bien conocidas, continuas, diferenciables y no presentan rendimientos crecientes a escala. Además, se supone que son idénticas entre países, lo que equivale a decir que las tecnologías de producción son iguales entre países; 3) el comercio iguala el precio de los bienes en los países. Más en general, los mecanismos de ajuste son tales que se garantiza por hipótesis el equilibrio en los mercados tanto de factores como de mercancías; 4) hay gustos idénticos entre países, con funciones de utilidad bien definidas; 5) competencia perfecta en todos los mercados.

Así reproducidos, estos supuestos son bastante restrictivos e inconsistentes con la realidad. No obstante, los análisis "convencionales" han realizado importantes esfuerzos de modelización, ya desde finales de los años sesenta, con el fin de relajarlos. Con respecto al supuesto tecnológico --el segundo--, se han elaborado modelos que permiten funciones de producción diferentes entre países, rendimientos crecientes a escala, competencia monopolística y diferenciación de productos, etc. En Dosi et al. (1990), págs. 18 y ss. puede hallarse una revisión amplia de esta literatura. En general, todas estas aproximaciones más complejas siguen manteniendo inmodificado el supuesto tercero.

Por el segundo supuesto, tal y como ha sido enunciado, los países trabajarían con las mismas funciones de producción. Y de aquí surge una crítica realizada al modelo H-O-S por autores no neoclásicos. Estas visiones críticas sostienen que las funciones de producción difieren entre países, por razones tecnológicas o estructurales. Una respuesta neoclásica a esta crítica consiste en señalar que las funciones de producción son las mismas entre países, pero que todos los factores que intervienen en la producción no son conocidos y resultan incuantificables. Esto quizá pueda salvar el modelo, pero lo convierte en poco útil. Por ejemplo, si en un país desarrollado los trabajadores ganan sueldos quince veces superiores a los que se perciben en

otro en desarrollo, esto se debe a que los primeros obtienen una remuneración adicional porque poseen, además de “trabajo”, otros factores de producción, concretamente diversos tipos de capital humano: destreza, organización, educación... Esto no es una observación útil cuando los *inputs* tecnológicos o estructurales que generan estas diferencias son inobservables e inmedibles (Aho (1988), págs. 432-433)<sup>166</sup>.

En cuanto a la contrastación empírica del modelo H-O-S, es conocido que Leontief encontró, en un trabajo de 1953, que la estructura del comercio de los Estados Unidos no cumplía las previsiones derivadas de aquel modelo, puesto que ese país, el más intensivo en capital, obtenía sus mejores resultados exportadores en bienes trabajo intensivos, a pesar de que los salarios estadounidenses eran más altos. A esto se la llamado la “paradoja de Leontief” y ha sido explicada básicamente recurriendo a lo que después se llamó capital humano. Sin embargo, lo que ahora interesa es que dicha paradoja supuso un incentivo fundamental para la búsqueda de nuevas respuestas y nuevas formulaciones al tema del comercio para paliar los problemas del modelo H-O-S.

Otro problema vinculado a las teorías tradicionales del comercio es que no podían incorporar algunas de las ventajas derivadas de la apertura, con lo cual se subvaloraban las ganancias del comercio: cuestiones como 1) la mayor satisfacción de los consumidores relacionada con la más amplia disponibilidad de bienes o en lo relativo a la eficiencia de las empresas cuando se trata de bienes de capital antes no disponibles que pueden ser importados; 2) el aprovechamiento de las economías de escala vinculadas con mayores ámbitos de comercio no se recogían en esos modelos basados en la ventaja comparativa.

Otros hechos que se observan en la realidad y a los que se debe dar cabida a la hora de elaborar modelos teóricos son los siguientes: el esfuerzo y los resultados tecnológicos medidos en gastos de I+D y en patentes están correlacionados positivamente con las cuotas de exportación, sobre todo en industrias tecnológicamente avanzadas; asimismo, en las naciones más desarrolladas, los sectores más intensivos en I+D poseen una mayor propensión exportadora.

Dentro del ámbito neoclásico, la “nueva teoría del comercio internacional” ha intentado subsanar estas limitaciones: la cuestión de las economías de escala, los rendimientos crecientes, la diferenciación de productos, la mayor diversidad de productos disponibles gracias al comercio, el papel de las economías externas y su relación con el desarrollo regional, la existencia de ventajas “creadas” o que pueden ser desarrolladas endógenamente, etc. han sido ahora incorporadas al estudio del comercio y se han utilizado asimismo en el debate acerca de la política comercial e industrial.

---

<sup>166</sup> Recuérdense los problemas asociados a la función de producción a la hora de reflejar el cambio técnico, expuestos en el capítulo tres. En relación con esto mismo véase también op. cit., pp. 425 a 427, donde se discuten los problemas de medición de la productividad y de los factores de producción concernidos al introducir el cambio tecnológico.

#### 4. Las visiones alternativas: algunas características

Muchas son las visiones teóricas que se han apartado de la línea de argumentación neoclásica. Algunas de ellas son anteriores a la misma. Naturalmente, un conjunto de autores tan diversos tanto en el tiempo como en la geografía como los panfletistas británicos del XVIII; los autores decimonónicos que abogaron por el proteccionismo en economías que comenzaban a industrializarse --el llamado argumento de la industria naciente--, como List en Alemania o Hamilton en los Estados Unidos; más recientemente ciertos autores del ciclo de vida del producto y de la brecha tecnológica, dentro del ámbito postkeynesiano; o los estructuralistas del desarrollo, especialmente los latinoamericanos, etc., un conjunto tan amplio de aportaciones, necesariamente deben diferir en sus contenidos. Sin embargo, comparten algunos planteamientos --si no todos ellos, sí un cierto número-- relevantes a los efectos que aquí se están tratando. Se podrían entresacar los siguientes (Dosi et al. (1990), págs. 26 y ss):

1. Los flujos y las tendencias del comercio, así como sus repercusiones en términos de renta dependen de una forma muy acusada de las diferencias internacionales en los niveles tecnológicos y en la capacidad de innovación.

2. Los mecanismos de equilibrio del ajuste internacional y sectorial son relativamente débiles, con lo cual el comercio influye de forma decidida en los niveles de actividad macroeconómica en cada economía. El comercio modifica las cuotas de mercado mundial de los países en cada sector y eso modifica los niveles de actividad macroeconómica que genera la demanda internacional.

3. La distribución de las cuotas de mercado internacionales dentro de un mismo sector y su evolución temporal dependen más bien de un conjunto de ventajas o desventajas absolutas específicas de un país, sin que medien ajustes de precio o cantidades entre sectores o entre rendimientos de los factores.

4. La tecnología no es un bien libre: no es posible utilizar gratuitamente la tecnología existente. Así, los países utilizarán diversas tecnologías.

5. Las pautas de asignación inducidas por el comercio internacional poseen implicaciones dinámicas que pueden generar tanto círculos viciosos como virtuosos en el largo plazo<sup>167</sup>.

Puede observarse que los modelos de ventaja comparativa (ricardiano y H-O-S) básicamente se centran en los determinantes de las pautas de especialización, mientras que los aquí recogidas tienden a contemplar más bien las relaciones entre comercio, actividad económica --nivel de demanda-- y crecimiento.

---

<sup>167</sup> Una revisión más detallada y específica de cada una de las aportaciones alternativas reseñadas, en o. c., págs. 27 y ss.

Dentro de estas visiones alternativas, conviene destacar dos modelos interesantes: el de la brecha tecnológica y los ligados al ciclo de vida del producto<sup>168</sup>.

Las relaciones entre tecnología y niveles de renta pueden estudiarse a la luz de la difusión internacional de la tecnología. Los modelos de la brecha tecnológica parten del supuesto de que la tecnología no es un bien gratuita, instantánea y universalmente disponible, sino que el hecho de partir primero supone una ventaja sustancial.

Dentro de estos modelos, el de Posner --Posner (1961)-- parte del hecho de que existe una brecha temporal, un retardo entre el momento en que un país comienza a producir un determinado bien y aquellos en que se van incorporando otros. El progreso tecnológico se produce en un país y no en otros, lo cual se traduce en que este progreso, incorporado en un determinado bien, es un inductor del comercio internacional durante el período que le lleva al resto del mundo imitar la innovación en cuestión.

Los modelos del ciclo de vida del producto contemplan la tecnología como parte de un amplio conjunto de factores ligados a la estructura de mercado, que incluyen la entrada, la diferenciación y estandarización del producto y la naturaleza de la demanda.

El modelo de Vernon, que da origen a estas visiones del ciclo de vida, se centra en la demanda. Altos niveles de renta y una demanda exigente induce respuestas innovadoras de las empresas domésticas. En los primeros momentos de la vida de este producto, el país que lo ha generado será el que lo exporte, mientras que a medida que el tiempo vaya transcurriendo y se vaya produciendo la estandarización en los modos de producción del bien en cuestión y con ella la imitación, esta ventaja exportadora irá atenuándose, hasta llegar incluso a invertirse cuando otros países lo produzcan más competitivamente, merced a sus ventajas de costes.

Más adelante, al referirnos a las cuestiones de política comercial insistiremos sobre puntos que han quedado en esta y en la sección precedente solamente esbozados.

##### *5. La transferencia internacional de tecnología*

Los países pueden desarrollar su propia tecnología y una vez generada se difundirá a través del sistema económico. Las autoridades económicas pueden promover a su vez tanto la generación como la difusión mediante políticas específicas. Sin embargo, la tecnología puede importarse y puede exportarse.

Dos cuestiones surgen cuando se contempla la cuestión de la exportación y la importación de tecnología<sup>169</sup>: a) qué razones hacen preferible a una empresa importar tecnología antes que generarla ella misma; b) por qué una empresa exporta tecnología antes que producir

---

<sup>168</sup> Éstos últimos fueron incluidos en el capítulo relativo a la difusión. No obstante, en la medida en que el ciclo de vida puede observarse en una panorámica internacional, eso habilita la inclusión en este capítulo.

<sup>169</sup> Sigo en esta parte de la sección el trabajo Stoneman (1987a), págs. 146 y ss.

domésticamente con esa tecnología. En ambos casos, ¿las decisiones individuales o privadas de estas empresas diferirán de las socialmente óptimas?

Para contestar a estas preguntas se supondrá que las empresas operan en un solo país --se deja el papel de las empresas multinacionales para más tarde--, que no existen restricciones al comercio y que la tecnología se transfiere por medio de acuerdos de transferencia de tecnología, por la adquisición de una patente, etc. Esto es, nos ceñimos a la tecnología desincorporada. Este escenario es el que más fácilmente permite aislar la transferencia de tecnología para su estudio. En efecto, si se trata del comercio de bienes de equipo intervendrían dos factores: la compraventa de un bien y la transferencia de tecnología en él incorporada. A la hora de estudiar el coste de la tecnología transferida, por ejemplo, no sería fácil distinguir éste de los relativos a otros aspectos ligados a la compraventa del bien en cuestión. Cuando se introduce las multinacionales --de las que nos ocupamos más tarde-- a través de los procesos de inversión extranjera directa en los que intervienen la cuestión es aún más difícil. Al estudiar, digamos, los pagos al país de origen de la inversión no se puede distinguir claramente qué parte es "retribución" de la tecnología, qué parte son simples transferencias de beneficios, sueldos de personal extranjero, etc. Como se ve, sólo cuando la tecnología que se transfiere está sustentada en una patente o en un contrato de transferencia de tecnología o de asistencia técnica o cualesquiera otros instrumentos similares es cuando resulta más fácil detectar el coste de la tecnología transferida y cuando el proceso de transferencia resulta más transparente.

Hay un conjunto de razones que permiten contestar la primera de las cuestiones --por qué importar antes que generar--: puede suceder que la empresa no sea capaz de adquirir los conocimientos para desarrollar la tecnología; que los productores de otros países posean un liderazgo tecnológico inexpugnable; que sus esfuerzos investigadores hayan fracasado; que resulte más rentable importar que desarrollar por sí misma; puede darse que la tecnología esté protegida por patentes y no sea posible la imitación; que dados costes y dotaciones diferentes de los factores entre países, pueda darse unas oportunidades de investigación más rentables a las cuales la empresa pueda dedicar sus recursos.

La maximización del beneficio puede aconsejar que una empresa asigne sus recursos de investigación --que son escasos-- a aquellos proyectos donde prevea unos mayores rendimientos y que mediante un contrato de transferencia de tecnología obtendrá otros.

Una vez establecido esto, queda la cuestión de si estas pautas de investigación serán socialmente óptimas. Dicho de otros modo: ¿un programa doméstico de investigación puede generar beneficios sociales y que no son contemplados en las decisiones privadas?

Algunas cuestiones surgen cuando se plantea ese interrogante, a saber:

1. El proceso de investigación puede generar habilidades y conocimientos cuyos beneficios no son apropiables por las empresas pero que podrán aplicarse en otras producciones.

2. La investigación es un proceso continuo: la mera adquisición de tecnología puede ser insuficiente para iniciarlo. Una deficiencia en la generación de tecnología hoy puede inhibir el desarrollo de la de mañana. Una empresa puede tener en consideración esto si genera tecnología tanto hoy como mañana, pero no si no es este el caso.

3. Existen ciertos factores y sectores estratégicos que aconsejan emprender una investigación doméstica. Más abajo volveré sobre este punto.

4. En la medida en que la producción doméstica genera externalidades y en que depende de la investigación doméstica, sucederá que las empresas privadas no tomarán en consideración ciertos beneficios de esa actividad.

En general, este conjunto de argumentos están vinculados con los del fallo del mercado: la generación de tecnología es una actividad que además de ser potencialmente cara, está sometida a incertidumbre y puede generar problemas de inapropiabilidad. Estas circunstancias permiten que sea fácil una asignación no óptima de recursos a la actividad investigadora. Sin embargo, la adquisición de una licencia es muy sencilla y carece de los problemas indicados, o al menos los reduce sustancialmente. En realidad, siempre es necesario mantener alguna capacidad de investigación, puesto que la tecnología así adquirida debe comprenderse y debe adaptarse al uso local, exigiendo una cierta cantidad de investigación a su vez.

Pasemos ahora a la exportación de la tecnología. Para empezar, es necesario determinar por qué una empresa que posee una ventaja tecnológica estará dispuesta a vender su tecnología a otras empresas. Algunas razones pueden aconsejar esa respuesta:

1. Dado que diferentes países pueden tener diferentes costes de los factores e incluso con la nueva tecnología el inventor todavía puede tener costes mayores que los competidores del otro país. Cediendo la tecnología el inventor podría conseguir obtener unos resultados provenientes del otro país a los que no tendría acceso sin esa cesión. Por otra parte, el productor local conoce las tradiciones, la cultura y el medio social y legal en que opera.

2. Negar la tecnología puede llevar a los competidores a inventar a su vez, con perjuicio para el primero.

3. Una expansión para apropiarse de todo el mercado es una estrategia a largo plazo, mientras que la cesión proporciona unos ingresos inmediatos. Además, como la expansión lleva su tiempo, durante ese periodo es probable que se produzca la imitación.

4. La estrategia de expansión puede requerir recursos de los que la empresa carece o exigir riesgos que la empresa no puede asumir.

Una vez visto esto, ¿hay argumentos que pueden justificar que el sector público limite la emisión de licencias de exportación de tecnología a productores extranjeros? Más allá de respuestas vinculadas al sector de la defensa y la seguridad, una que surge es que si se restringe la exportación de tecnología, las exportaciones del país serán mayores, así como la renta y el

empleo doméstico. No obstante, este argumento es problemático: en primer lugar hay que plantearse si el incremento de la producción de ese bien genera ventajas estáticas o dinámicas, así como si no puede suponer un desincentivo a la especialización en otros bienes que puede ser preferible a ésta. Después, es difícil pensar que no será posible imitar los inventos, a base de ingeniería inversa, por ejemplo. En general, puede sostenerse que la restricción a la exportación de tecnología es admisible si existe capacidad no utilizada en la economía doméstica y si la restricción en la exportación de tecnología puede llevar al uso de recursos que de otra manera quedarían ociosos.

Una vez visto esto, la evidencia empírica señala los siguientes hechos “estilizados” que se observan en el mundo actual (Lyons (1987), págs. 177-178): por una parte, la transferencia de tecnología es probablemente tan importante al menos como la generación como fuente de progreso tecnológico; y la transferencia internacional de tecnología ocurre continuamente, pero las diferencias internacionales en productividad dan fe del hecho de que las tecnologías internacionales convergen sólo muy lentamente y en ocasiones en absoluto.

#### *6. Las empresas multinacionales y su relación con la transferencia de tecnología*

En el apartado anterior hicimos abstracción del papel de las multinacionales, al que se dedica este epígrafe. Es un hecho que este tipo de empresas son el vehículo principal de la transferencia de tecnología.

Una de las características que definen a las multinacionales es que pueden disociar la localización de su actividad principal (producción de bienes y servicios) de la de su actividad inventiva/innovativa.

Los gobiernos suelen apoyar el hecho de que la actividad generadora de I+D de estas compañías se haga en el país, en consideración a las ventajas sobre la competitividad del país y el impacto sobre la producción y la productividad. Ahora bien, si se investiga aquí y se produce en otros países, el nexo entre la investigación doméstica y los resultados económicos domésticos se rompe. Este tipo de actuaciones se podrían asimilar a la cesión de tecnología por parte de una empresa doméstica al extranjero. Pero hay una diferencia, pues en el caso descrito habría una entrada de dinero al país de origen de la tecnología (un *royalty*, por ejemplo) mientras que si se trata de una multinacional, ese ingreso ni siquiera queda garantizado que retorne al país. Como, además, los gobiernos subsidian el gasto doméstico en I+D, o una parte de él, puede suceder que ese gasto genere un efecto no deseado en el sentido antes apuntado (Stoneman (1987a), pág. 150). Aunque no conviene dramatizar, toda vez que en la práctica la producción en sí misma no es un proceso totalmente centralizado, y ciertas partes del proceso productivo pueden (des)localizarse allá donde los costes sean más bajos, por ejemplo las fases intensivas en el uso de trabajo poco cualificado, mientras que fases con mayor generación de valor añadido se

quedarán en el país. Esto es lo que se denomina “efecto sede”. Además, no parece que sean estas partes menos “ricas” del proceso productivo las que más convenga retener, puesto que los factores de producción domésticos pueden destinarse a usos más remuneradores.

Existe una literatura muy amplia sobre las multinacionales en su relación con la tecnología (vid. Dosi et al. (1990), pág. 21). Una parte se desvía de los supuestos neoclásicos ya citados: se parte de una manera implícita de diferencias tecnológicas entre países y empresas, hay ventajas absolutas específicas de los países y altos grados de imperfección en los mercados en general y en el de la tecnología en particular. Estas características del mundo real son las condiciones estructurales necesarias para la existencia de las multinacionales. Existen otros modelos que intentan incorporar ciertos elementos neoclásicos. Por ejemplo, algunos mecanismos H-O-S acerca del ajuste en precios, cantidades y especializaciones relativas se consideran uno de los procesos que actúan, cuya importancia relativa depende de los sectores, el grado de desarrollo de los países y la naturaleza de la tecnología. Otros enfoques intentan reconciliar la existencia de multinacionales, el comercio intrafirma, etc. con el análisis tradicional. Dentro de estos enfoques se admite que existen imperfecciones en los mercados, que las multinacionales arrostran y vencen internalizando las transacciones más importantes. De esta manera, las multinacionales adoptan una especie de comportamiento de “segundo óptimo” en relación con el modelo neoclásico estándar.

Conviene preguntarse si la inversión extranjera ligada a las multinacionales se ha limitado a la producción o si ha incorporado otros componentes. Es decir, si la inversión realizada por una multinacional ha sido sólo para producir en otros países o bien si ha incluido gastos de ingeniería, de diseño, de I+D... Desde el principio, muchas multinacionales han realizado actividad innovadora en países distintos a los de su matriz, sobre todo, pero no únicamente, en el caso de las oriundas de países pequeños, puesto que su necesidad de buscar internacionalmente mayores recursos científicos y tecnológicos es más palpable (Soete (1994), págs. 363 y ss.).

Una tendencia que se observa en los últimos tiempos, a partir de los años 80 y sobre todo en la presente década, es que se ha producido una tendencia hacia otro tipo de globalización especialmente entre empresas --a su vez multinacionales-- de Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, y que tiene que ver con un más amplio conjunto de intercambios internacionales que incluye alianzas estratégicas, redes de información científica y tecnológica y subcontratación de actividades de I+D<sup>170</sup>.

En cuanto a la naturaleza de estas alianzas, surge la pregunta de si son un nuevo rasgo, más o menos permanente, de la nueva economía global íntimamente relacionadas con la complejidad de la ciencia y la tecnología y la necesidad de una provisión y acceso internacional a

---

<sup>170</sup> Sobre esta cuestión, además de lo indicado, puede consultarse, entre otras fuentes, Mowery y Teece (1996) y Hagedoorn y Schakenraad (1990).

las mismas o si son más bien un primer paso en el surgimiento a un nivel mundial de oligopolios en sectores dominados por economías de escala estáticas y dinámicas. La respuesta no puede ser única y parece que ambas cuestiones son admisibles. En todo caso, la segunda plantea la necesidad de una política de defensa de la competencia a nivel supranacional si se pretende luchar contra el surgimiento de ciertos cárteles entre empresas globales.

Otra cuestión relacionada con estas alianzas tiene que ver con el papel que las políticas tecnológicas instrumentadas por los países hayan desempeñado en el surgimiento de aquéllas y con las decisiones de localización de las empresas. Dicho de otra forma: ¿están las alianzas estratégicas y las redes tecnológicas en realidad basadas en las necesidades de las empresas que las forman de intercambios internacionales que mejoren la asignación de recursos, que consigan una innovación más dinámica y una mayor difusión de las técnicas más eficientes?, ¿o bien están motivadas en primera instancia por el deseo de las grandes empresas de sacar ventaja de varias políticas estratégicas domésticas? Soete (ibid. pág. 367) afirma que ambas motivaciones avalan esas alianzas y pone como ejemplo de la segunda el apoyo que a nivel regional y local se otorga a la radicación de empresas multinacionales extranjeras

### *7. Implicaciones de política económica del aspecto internacional de la tecnología*

En esta sección me limitaré a subrayar algunas de las relaciones que se pueden establecer entre la cuestión tecnológica --en su dimensión internacional-- y la política económica, concretamente la política industrial.

Se trata de indagar si el examen de algunos de los hechos que caracterizan la dimensión internacional del cambio tecnológico pueden justificar --o no-- la existencia de una política industrial, entendida ésta en un sentido amplio, es decir, como aquella intervención del sector público en la economía con el fin de promover la actividad de los productores domésticos --sea en sectores específicos u horizontalmente-- para incrementar la competitividad internacional de éstos, sea en el propio país --frente a los importadores-- o, más generalmente, en todo el mundo.

Stoneman (1987a), pág. 134, sostiene que existen tres grandes conjuntos de argumentos a favor del activismo gubernamental en esta materia, a saber:

1. La existencia y captura de rentas internacionales en actividades que se desarrollan en régimen de oligopolio/monopolio mundial (política industrial estratégica). En términos generales, los argumentos que surgen cuando se elimina el supuesto de competencia perfecta en los mercados.

2. La existencia de externalidades y otros fallos de mercado. En realidad, no están vinculados al lado internacional de la tecnología como tal, pero sí tienen una implicación de esta índole, como también la tienen desde el punto de vista doméstico.

3. La posible existencia de conflicto entre la eficiencia cuando se la contempla en un sentido estático o en otro dinámico<sup>171</sup>. Este argumento puede relacionarse con el papel conferido a las externalidades relativas a la actividad tecnológica. La idea del mismo es que ciertas asignaciones de recursos que son Pareto-eficientes en un sentido estático no lo son en términos dinámicos. Dicho de otro modo, no generan el mejor resultado en el largo plazo. Si el mercado no es capaz de generar asignaciones de recursos dinámicamente eficientes, el gobierno puede contribuir en esa dirección, mediante un adecuada política económica<sup>172</sup>.

### **7.1. Las políticas de creación de rentas: la política industrial estratégica. Sus inconvenientes.**

Una política industrial de selección y promoción de sectores concretos puede generar beneficios al crear cierto poder de mercado. Si esta política consigue una nueva posición oligopolística (o más aún, de monopolio) --o aumentar una ya existente que no se habría producido de no emprenderse dicha política--, y si estas rentas de oligopolio se obtienen de residentes extranjeros, entonces tal política puede incrementar los ingresos de un país a expensas de los otros. Esta es la idea que subyace en lo que se bautizó en los ochenta con el nombre de política industrial --o comercial, puesto que también afecta a las transacciones internacionales-- estratégica<sup>173</sup>.

Se la denomina “estratégica” porque la lógica del argumento en que se basa responde a la observación de que las acciones de una empresa dependerán de la estimación que ésta realice acerca de las actividades de sus competidoras. En función de esas expectativas, la empresa actuará en uno u otro sentido.

Este tipo de políticas se instrumentarían a partir de la adjudicación de subsidios a aquellas empresas pertenecientes a sectores generalmente de alta tecnología<sup>174</sup>. Estos subsidios conseguirían desincentivar la producción de los competidores extranjeros. En el extremo, éstos dejarían de producir y las rentas de monopolio serían apropiadas por el país promotor de esos subsidios, con lo cual el coste de los mismos sería más que compensado. Esto es válido en la medida en que los productores extranjeros no son subsidiados como forma de actuar contra la

---

<sup>171</sup> Una exposición formal de este argumento, sobre el que no me extenderé, puede hallarse en Stoneman (1987a), págs. 135 y ss.

<sup>172</sup> Callejón (1996) describe las grandes tendencias de la política industrial en el área OCDE y UE. Solé (1998-99) es un manual donde se plantean numerosos temas relacionados con la política industrial tanto a nivel teórico como aplicado al caso europeo. Novella (1995) propone argumentos para el activismo gubernamental en este mismo contexto.

<sup>173</sup> Una exposición formalizada y asequible de la política industrial estratégica se puede encontrar en Lyons (1987), págs. 193 y ss.

<sup>174</sup> Una exposición sencilla de un caso práctico puede encontrarse en Krugman y Obstfeld (1993), págs. 307 y ss., aplicado al ejemplo clásico del sector aeronáutico.

actuación del gobierno del país competidor. Cuando esto se produce el efecto final deja de ser tan fácil de determinar.

Este tipo de política conoció en los años ochenta un importante interés por parte de economistas y políticos. Sus manifestaciones más conocidas se pueden hallar en los análisis de Brander y Spencer (1983, 1985). Es más, muchas veces se alude al análisis “Brander-Spencer” para referirse a la misma.

No obstante, merece hacerse una precisión a lo expuesto hasta aquí. Si bien normalmente se entiende por política comercial estratégica la que está en relación con el análisis de Brander y Spencer, algunos autores interpretan la política estratégica de una forma más amplia. Así, en Soete (1994), págs. 360 y ss. y en Freeman y Soete (1997), págs. 341 y ss. --calcado de la referencia anterior-- se propone una tipología que distingue tres conceptos de política estratégica. El primero de ellos tiene que ver con el contenido tecnológico de los sectores implicados. Así, la justificación de la política serían los rasgos de rendimientos crecientes dinámicos, acumulativos y de aprendizaje del avance técnico en ciertas actividades económicas --por ejemplo ciertos materiales, productos electrónicos...--; el segundo se identificaría con el análisis de Brander y Spencer, esto es, un sentido que incorpora un alcance más comercial; el tercero tiene que ver con una perspectiva que da el carácter de “estratégico” al sector que posee importantes efectos de arrastre y de empuje sobre otros sectores, tanto en términos de materiales, conocimiento y *outputs* --ejemplo típico: el automóvil--. Se trata, pues, de un sentido más “industrial”.

El análisis Brander-Spencer ofrecía dos elementos que lo hacían atractivo. En primer lugar justificaba cierto tipo de políticas industriales --comerciales-- activas; y, no menos importante, ofrecía una base teórica para un cierto neomercantilismo cuando afirmaba que los gobiernos podrían elevar la renta nacional a expensas de otros países apoyando empresas nacionales que compitieran en el mercado internacional (vid. Krugman (1992), pág. 25). Como puede apreciarse, y a diferencia del análisis neoclásico, en este enfoque el comercio se entiende más como competencia que como ganancia mutua.

Esta visión de las cosas propugnada por Brander y Spencer ha sido muy criticada, quizá por el hecho de atentar contra uno de los pilares de la ciencia económica convencional, como es el la defensa de las ventajas del libre comercio. El resultado conjunto de esta crítica al análisis Brander-Spencer ha sido mostrar que sus trabajos ofrecían un ejemplo y no un resultado general<sup>175</sup>. La crítica mostró no tanto que el concepto de “política industrial estratégica” estuviera sin más equivocado, cuanto que no era necesariamente correcto, puesto que la justificación de las políticas comerciales o industriales estratégicas no podía ser realizada *a priori* sin considerar los detalles específicos de los sectores en cuestión. Estas políticas, en definitiva, sólo se podían recomendar tras un conocimiento cuantitativo detallado de las industrias relevantes.

---

<sup>175</sup> Para más detalles acerca de críticas concretas, cf. Krugman (1992), págs. 26 y 27.

El estudio empírico de cuantificación de los resultados de políticas estratégicas resultaba tremendamente difícil y la metodología utilizada debía ser puesta en relativa cuarentena<sup>176</sup>. Sin embargo, algunos resultados se podían destacar:

1) la protección, incentivando la entrada de empresas interiores, promueve a menudo las exportaciones, confirmándose la efectividad de la “política comercial estratégica”;

2) en la mayoría de los modelos la presencia de unos aranceles y/o subsidios modestos, cuando se imponen unilateralmente --esta precisión es importante-- producen unos resultados superiores a los que se registrarían en régimen de libre comercio;

3) en la totalidad de los modelos se sugiere que las ganancias de una política industrial estratégica óptima son extremadamente modestas.

De las consideraciones hasta aquí expuestas se desprende que una política industrial estratégica, pese a ser teóricamente solvente, dista de ser una buena idea práctica. En efecto, como cualquier política de signo más o menos mercantilista, estas medidas son claros ejemplos de política de “empobrecimiento del vecino” y corren el albur de provocar enfrentamientos económicos internacionales<sup>177</sup>. O una cascada de efectos proteccionistas entre países.

Y esto sin contar con que, en tanto que medidas que suponen un coste para las administraciones públicas, tal pueda ser mayor que los beneficios generados. En la práctica, no es desdeñable el riesgo de que la cuantía y persistencia de estos subsidios queden supeditados a los intereses de los grupos de presión involucrados, más que a los generales del país.

En relación con esto, como señala Soete, una de las razones por las cuales se producen las alianzas estratégicas entre multinacionales descritas en el epígrafe anterior es precisamente el deseo de tales empresas de reaccionar ante los efectos internacionalmente distorsionadores generados por las políticas domésticas de promoción de las actividades de I+D (Soete (1994), pág. 370).

## **7.2. Los argumentos a favor de las externalidades.**

Si bien la teoría económica tradicional neoclásica no ignoraba la existencia de las economías externas, surgían problemas a la hora de utilizarlas como fundamento de la política industrial. En Krugman (1992), se pasa revista a los nuevos argumentos que han rescatado la eficacia práctica de las externalidades.

La teoría convencional separaba claramente las economías externas pecuniarias de las tecnológicas, siendo éstas las únicas relevantes, en el sentido de que afectaban a la eficiencia, mientras que las otras no lo hacían. Sin embargo, los avances de la teoría han determinado que

---

<sup>176</sup> Para una descripción de las mismas, junto con una bibliografía de estas estimaciones empíricas op.cit, págs. 27 y ss.

<sup>177</sup> Vid. en Lyons, op. cit., pág. 197 unas conclusiones en sintonía (y ampliadas) con las aquí expuestas.

esa separación nítida entre externalidades tecnológicas y pecuniarias sólo se producía en un marco de competencia perfecta. Pero ese marco es poco próximo a la realidad de un mundo caracterizado por rendimientos crecientes a escala y por estructuras de mercado de competencia oligopolística. En estos casos, *las economías externas pecuniarias suponen, con frecuencia, una gran fuente de ganancia. En particular los efectos de arrastre hacia delante y hacia atrás de Hirschmann tienen significación teórica, y son, probablemente, muy importantes en la práctica* (Krugman (1992), pág. 30). De hecho, bajo estos supuestos de rendimientos crecientes y competencia oligopolística el conjunto de economías externas significativas es mucho más importante, habiendo auténticas economías externas asociadas con una amplia variedad de efectos del tamaño del mercado.

El segundo problema estribaba en que se suponía que estos efectos externos eran de escasa dimensión y de harto difícil cuantificación. Ahora bien, *una vez que se reconoce la importancia de los efectos del tamaño de mercado, puede advertirse que tales efectos están, de hecho, generalizados en las economías modernas* (Krugman (1992), pág. 30), con lo cual difícilmente se puede sostener que su dimensión sea irrelevante y su cuantificación poco menos que imposible.

La tercera objeción que se hacía a las externalidades era que operaban a nivel internacional, mientras que hoy día existe un convencimiento creciente de que operan más bien en el regional o metropolitano. Esto significa que se pueden detectar economías externas dentro de cada país identificando sectores objetivo con más facilidad de lo que antes se hubiera sospechado.

Una vez realizadas estas puntualizaciones generales a favor de las externalidades como criterios avaladores de una determinada política industrial, podría entrarse en aspectos más de detalle acerca de las mismas: por ejemplo, consignar algunos modelos concretos y sencillos que arrojan luz sobre su relevancia práctica<sup>178</sup>, o examinar la descripción de la evidencia geográfica de las mismas, entendida como la fuerte tendencia a concentrarse en un lugar tanto la actividad económica en general como determinados grupos de sectores o alguno de ellos en concreto. Esta evidencia es apreciable tanto en el nivel regional (en el doble sentido supra y subnacional), como en el urbano.

En consecuencia, los nuevos teóricos neoclásicos del comercio internacional ahora sostienen la posibilidad de una política industrial apoyada en bases teóricas legítimas: las externalidades.

Una vez visto esto, Krugman propone un criterio operativo. En la mayoría de los casos, la mejor evidencia de la importancia de las economías externas provendrá de las agrupaciones

---

<sup>178</sup> En Krugman (1992), páginas 31 a 39, se muestran tres modelos diferentes que sirven de ejemplo a esto mismo.

geográficas de empresas. No obstante, según nuestro autor, la simple observación no es suficiente. Se requerirá además saber por qué las empresas se agrupan y determinar si estas economías externas, tecnológicas o derivadas del tamaño del mercado, son lo suficientemente importantes como para merecer la atención de las autoridades.

Pero para que un criterio resulte operativo debe ser selectivo, es decir, debe poseer la capacidad de excluir sectores. En las industrias donde la dispersión geográfica sea la norma no parece, en principio, que las economías externas posean gran relevancia.

Pero debe resaltarse que si bien el argumento basado en las economías externas está correctamente asentado en la teoría y que además suministra criterios prácticos fiables, no es válido como justificación de *todas* las políticas industriales. Krugman señalará al respecto (pág. 23):

Muchas, probablemente la mayoría, de las políticas industriales que se aplican, continúan basándose en criterios económicamente irracionales. Además, la economía política de la política industrial sigue siendo muy problemática y tiene un riesgo muy elevado de ser capitalizada por determinados grupos de interés.

Esta postrer advertencia es importante en cualquier caso que se estudie de intervención gubernamental. El hecho de que se dé un fallo de mercado que pueda ser corregible mediante la intervención pública no es automáticamente una garantía de que el fallo será corregido efectivamente. Deben establecerse criterios eficaces y condicionados al cumplimiento de ciertos requisitos --lo que exige un seguimiento por parte de los organismos públicos-- para evitar los problemas expuestos por Krugman en el comentario reproducido.

*Sección quinta: la teoría económica de la política científica y tecnológica y sus principales instrumentos*

## **Capítulo once. La teoría económica de la política científica y tecnológica: principales contenidos.**

### *1. Introducción*

El propósito de este capítulo es recoger los principales argumentos teóricos que justifican la intervención pública en el ámbito científico y tecnológico.

Los argumentos teóricos que se expondrán provienen de la economía del bienestar y se basan genéricamente en el artículo de Arrow (1962a), pieza a la que se remite prácticamente la totalidad de los trabajos que discuten la teoría de la política científica y tecnológica. A partir de ahí se introducirán cuestiones que completarán y añadirán elementos al análisis.

Cuando a lo largo del texto se hable de “política tecnológica” o “política científica”, nos referiremos siempre al concepto general de política científica y tecnológica, salvo que expresamente me refiera a alguno de esos aspectos en particular. De hecho, una de las cosas que ya ha quedado ampliamente comentada en los capítulos precedentes es que no es tan fácil separar la “ciencia” de la “tecnología” como lo sugiere, por ejemplo, el modelo lineal.

Aquí, tanto por razón de brevedad como porque ya se ha ido apuntando en los diversos capítulos temáticos anteriores de esta obra cuando ha resultado procedente, no se efectuará un recorrido exhaustivo por el censo de las diversas subpolíticas tecnológicas o relacionadas con el I+D --políticas de oferta, políticas de difusión y adopción, política tecnológica relacionada con el comercio exterior o con el mercado de trabajo, etc.--. Una introducción a eso puede consultarse en Metcalfe (1995), quien pasa revista a los fundamentos teóricos de diversas subpolíticas tecnológicas, tanto en un marco de análisis neoclásico como evolucionista.

En lugar de referirnos a esas consideraciones, aquí el propósito se ciñe más bien a aspectos genéricos sobre las características de la actividad tecnológica que la hacen candidata a la intervención pública, en un marco analítico de economía del bienestar. De igual forma, se omiten referencias a sectores concretos, puesto que el enfoque de este trabajo no es sectorial<sup>179</sup>.

No obstante, en partes siguientes de esta obra, cuando se analice la experiencia española, sí se entrará en detalle en los diversos componentes de la política científica y tecnológica llevada a cabo en nuestro país, añadiéndose algunos elementos de comparación con las naciones de nuestro entorno. Por esa razón no se insistirá ahora en estudios de países. Sin embargo, como apunte bibliográfico, en Mowery (1995) se resume la experiencia práctica llevada a cabo por los

---

<sup>179</sup> A nivel de manual, la segunda parte de Dodgson y Rothwell (1994) describe determinados sectores productivos en su relación con la innovación.

países desarrollados en los últimos años en la instrumentación de diferentes subpolíticas científicas y tecnológicas --como las enunciadas más arriba--. En esta misma línea, Ergas (1987) estudia los casos de varios países --EEUU, Reino Unido, Francia, Alemania, Suiza y Suecia--, distinguiendo dos grandes tipos de políticas tecnológicas, las orientadas hacia una misión --una política de gran ciencia orientada a los grandes problemas, por la que optan los tres primeros países-- y las orientadas hacia la difusión --los tres restantes, cuyo propósito es proporcionar una capacidad amplia para que la estructura industrial pueda ajustarse al cambio tecnológico--. Como introducción a la descripción de los sistemas nacionales de innovación de un conjunto amplio de países, siguiendo una metodología coordinada, la referencia es Nelson (ed.) (1993).

## 2. La asignación eficiente de recursos a las actividades de invención

El trabajo de Arrow que ha sido citado más arriba se denomina *Bienestar económico y asignación de recursos a la invención*. La cuestión es importante porque en ese trabajo se va a estudiar la invención más que la innovación. Y para ese trabajo “invención” es la “producción de conocimientos” (Arrow (1962a), pág. 137). O, dicho de otro modo, producción de información. En algún capítulo anterior se ha señalado que concebir la actividad científica y tecnológica como un simple proceso de producción de información es tener una visión incompleta del problema. Pero en todo caso, no errónea. En este trabajo de Arrow no se pretende estudiar todo lo relativo a la ciencia y la tecnología, sino ver cuáles son las características que puede presentar la invención --en tanto que un tipo peculiar de información-- como bien económico, y los posibles problemas vinculados a un mercado de dicho bien --invención/información-- en un marco analítico de economía del bienestar.

La pregunta que se hace Arrow es si la competencia perfecta conduce a una asignación óptima de recursos en esa actividad --la invención como producción de conocimientos--. Para contestarla, recurre a un planteamiento genérico: la competencia asegura la obtención de un óptimo de Pareto si se cumplen ciertos supuestos<sup>180</sup>. Para empezar, no debe existir incertidumbre en las relaciones de producción y en las funciones de utilidad y todos los bienes importantes para la producción o para el bienestar de los individuos se deben intercambiar en el mercado. Además, las funciones de producción deben ser funciones bien definidas de los bienes en el sistema económico y dichas funciones no han de manifestar indivisibilidades.

Recapitulando, si en la producción de un determinado bien se presenta incertidumbre, indivisibilidades e inapropiabilidad de los resultados, la competencia perfecta no conducirá a una asignación eficiente de los recursos en el sentido de Pareto. Precisamente, el problema de la

---

<sup>180</sup> Una discusión más técnica en el ámbito de la economía del bienestar de alguna de las cuestiones que aquí se expondrán puede consultarse en el capítulo 3 de Stoneman (1987a).

invención como bien económico es que presenta esos tres problemas, con lo que el mercado no puede funcionar como mecanismo asignador eficiente (vid. pág. 138). Veamos por qué se producen esas tres características.

## 2.1. La incertidumbre en el proceso de invención.

La actividad inventiva posee incertidumbre, y en grado muy alto, porque no se puede prever antes de iniciar un proceso cuáles serán los resultados que se han de conseguir y, a *fortiori*, el rendimiento económico obtenible de esos descubrimientos, suponiendo que se consigan. La incertidumbre también afecta a los costes, puesto que un proyecto de investigación puede saberse cómo va a comenzar, pero no cómo se va a ir desarrollando en el tiempo.

El riesgo o la incertidumbre sobre los resultados dejaría de ser un problema si existiese alguna cobertura que permitiese obtener el reembolso de los gastos en caso de falla del proyecto. Una cobertura de este tipo podría ser un seguro o un crédito contingente --luego se verá en qué consiste--. Pero la cobertura nunca puede ser perfecta o completa, por muchas razones, como las relativas a la valoración de los costes y de los resultados<sup>181</sup>. Otro factor limitador que surge en este tipo de casos es la presencia de riesgo moral (vid. las reflexiones de Arrow al respecto, págs. 140-142)<sup>182</sup>.

Las razones expuestas llevarán a una inversión inferior a la óptima en actividades inventivas. Además, como los riesgos son mayores cuanto más abstracta y general sea la búsqueda, esa subinversión se dará con mayor fuerza en actividades de investigación básica, luego en investigación aplicada y menos en investigación en desarrollo, puesto que aquí los riesgos son menores.

Además, dadas las imperfecciones en los mercados de capitales, también existirá un sesgo contra las pequeñas y medianas empresas (vid. Martín (1988), pág. 70), que poseen una menor capacidad de autofinanciación, menor accesibilidad a crédito externo y, dado que sus departamentos de I+D son pequeños, si es que existen, no pueden repartir los costos iniciando diversos proyectos simultáneos de I+D. Las grandes empresas, como inician muchos proyectos a la vez, cada uno de pequeña cuantía en relación al ingreso total de la empresa actúan como sus

---

<sup>181</sup> ¿Qué computamos dentro de los costes?, ¿el papel, las grapas o las fotocopias utilizados por los investigadores...? ¿Qué dentro de los ingresos? Muchas veces, al investigar puede no obtenerse un resultado claro, pongamos un determinado principio científico o algo que sirva para la obtención de un nuevo producto, pero sí podemos aprender a aprender --como ya se ha expuesto en un capítulo anterior--, con lo que las ulteriores investigaciones serán menos costosas: ¿cómo valorar esto último?

<sup>182</sup> Algunas revisiones modernas sobre el riesgo y los mecanismos financieros para limitarlo, junto a factores restrictivos que aparecen cuando se introducen mecanismos de cobertura, como el azar moral y la selección adversa, así como, en términos más generales, las relaciones establecidas entre innovación y sistema financiero pueden consultarse en Stoneman (1987a) --capítulo 10--, Tylecote (1994) y Goodacre y Tonks (1995).

propias compañías de seguro (Arrow, *ibídem*, pág. 144). Sin contar el proceso de economías externas generadas de esa forma.

## **2.2. Las indivisibilidades en el proceso de invención.**

Si los resultados de la actividad de I+D se consideran información, estos resultados tienen la característica de que su reproducción y transmisión es enormemente fácil y barata. Los costos de reproducirla y transmitirla son casi nulos. Si fueran nulos --y podemos razonablemente suponer que así es-- la asignación óptima requeriría una distribución gratuita e ilimitada.

La regla para la asignación óptima de información es que su transmisión se debe realizar al coste marginal. Si el coste marginal de transmisión es cero, de ahí la distribución gratuita e ilimitada. En la práctica no son cero, pero sí casi cero: el coste de unas fotocopias o el consumo de electricidad de copiar un archivo informático más el coste del soporte. ¿Qué sería eso tanto en términos absolutos como en relación con el rendimiento que podría obtenerse de la información?

Pero esto supone un desincentivo para el productor, porque si debe cederla gratuitamente no incurrirá en costes para obtener dicha información. O, alternativamente, el productor no la cederá gratuitamente, con lo que en realidad es un monopolista de esa información que puede retener para utilizarla él solo o venderla --supongamos de momento que puede hacerlo-- y obtener un beneficio. Pero tanto en uno como en otro caso la asignación de la información no es óptima, porque no se distribuye gratuitamente a cualquiera que la solicite.

Si la transmisión de información es costosa para suministrar incentivos a sus productores, aun cuando el coste de transmisión sea prácticamente nulo, la asignación de esa información será ineficiente en la medida en que su demanda será menor que la óptima, puesto que el precio de dicha información es positivo. Lo que permite a una empresa aumentar el valor económico de su actividad inventiva es lo que contribuye a utilizar subóptimamente esa información en el seno del sistema económico.

Si el monopolista, por contra, no vende la información --porque cualquier comprador puede reproducirla a bajo costo y eliminar el monopolio-- puede surgir una nueva ineficiencia además de la relacionada con la no transmisión de la información, puesto que nada garantiza que el mejor uso que se le puede dar a esa información sea aquél al que la destine el propietario. Otros productores podrían sacarle un mejor partido a esa información.

Además de lo dicho, la información es un bien no rival, en el sentido que el uso que un agente haga de la misma no reduce la oferta disponible. Esto convierte la información en un bien que deja de ser privado, utilizando esta palabra con el significado que se le asigna convencionalmente en la economía del bienestar. Este hecho hace que la información sea un bien donde se producen externalidades.

Por otra parte, también la demanda de información plantea problemas. Como señala Arrow --o.c., pág. 143--, el uso de información está sujeto a indivisibilidades, en el sentido de que el uso de la información no depende de las cantidad de producción que se va a realizar con esa información: se necesita la misma cantidad de información para producir una o un millón de unidades de un bien. Esto plantea la existencia de rendimientos crecientes.

Otro problema de la demanda de información derivado de su carácter de bien indivisible es que no es fácil determinarla. La demanda de mercado de la información es apenas determinable: el comprador potencial no puede hacerse una idea precisa de cuál es el valor que le atribuye a la información si no puede examinarla. Pero si la examina, entonces la habría adquirido ya de una forma gratuita, con lo que el productor de esa información --de los conocimientos científico-tecnológicos en nuestro caso-- dejaría de percibir una retribución por su actividad. El proceso descrito es una consecuencia de la naturaleza asimétrica de la información, otro rasgo que nos aleja de la asignación eficiente en condiciones de mercado.

Adicionalmente, aunque la información pudiera generarse sin costes pero los de reproducir la información fueran importantes, como la asignación eficiente exigiría que la información se transmitiese a su coste marginal de reproducción y transmisión, se tendrían los mismos problemas a la hora de determinar la demanda de esa información.

### **2.3. La inapropiabilidad en el proceso de invención.**

Esta característica de la información surge como consecuencia de la anterior. Efectivamente, de todo lo dicho más arriba se sigue que en ausencia de algún arreglo institucional el productor y propietario de la información no podría recoger el rendimiento de la misma, no podría apropiárselo. Incluso si el productor de la innovación la utiliza él mismo y la convierte en una innovación, podría ver que su invento es copiado mediante cualquiera de los mecanismos existentes, como la ingeniería inversa por ejemplo. Asimismo, la movilidad del personal entre empresas puede servir para conseguir eso mismo.

Naturalmente, existen los mencionados “arreglos institucionales” para, si no eliminar, sí atenuar la inapropiabilidad de la información<sup>183</sup>. Las patentes<sup>184</sup>, que establecen derechos de propiedad sobre la invención, otorgando al inventor derechos de monopolio temporales, alivian el problema. Naturalmente, la apropiabilidad conseguida no es perfecta porque, aparte lo ya dicho,

---

<sup>183</sup> Para un examen *in extenso* acerca de la apropiabilidad y de diversas soluciones para conseguirla, puede consultarse Geroski (1995).

<sup>184</sup> La literatura económica sobre las patentes, sus características, sus limitaciones y otras cuestiones concernientes a ellas es muy copiosa. Referencias interesantes al respecto, dentro de la literatura teórica, son Silberston (1967), el capítulo 9 de Stoneman (1987a), Lamberton (1994), Griliches et al. (1987) o el ya aludido Geroski (1995).

no se puede definir de una forma absoluta un elemento de información y diferenciarlo de los demás.

Como puede apreciarse a partir de esta discusión, el monopolio facilita la apropiabilidad de los resultados de la actividad inventiva, aun cuando esa solución no sea óptima desde un punto de vista asignativo. Y como facilita la apropiación, algunos sostienen que también permite generar un mayor nivel de cambio técnico, aunque sobre esto existe diversidad de opiniones<sup>185</sup>. En ese sentido se ha llegado a afirmar que puede sacrificarse cierta eficiencia estática si con eso se consigue incrementar la actividad innovadora. La regla sería, concretamente, que el *sacrificio marginal en la eficiencia estática que resulta de una desviación de la competencia perfecta debe igualar el beneficio social marginal procedente del aumento de la actividad innovadora* (Kamien y Schwartz (1989), pág. 37), generado por sus múltiples externalidades. El problema, incluso admitiendo como cierto que el monopolio incentiva la innovación, es, por supuesto, cuantificar esto.

Surgirían, pues, dos alternativas si se desea producir un nivel de innovación, si no óptimo, superior al que generaría la competencia perfecta: a) la dirección colectiva del cambio técnico<sup>186</sup>, ya sea mediante algún tipo de política científica y tecnológica, emprendida por el sector público -- que es a lo que se dedicará casi todo el resto de este capítulo--, ya mediante algún tipo de acción colectiva promovida por el sector privado, como institutos de investigación financiados por las industrias o la filantropía privada o, lo que es más razonable, una combinación de ambas cosas; o b) dejando actuar al mercado, aceptar desviaciones de las condiciones para una competencia perfecta. Aunque esto último resulta cuestionable y parece más una opción teórica que algo que pueda tomarse al pie de la letra. Porque una cosa es aceptar que en la realidad existen oligopolios que realizan una determinada actividad innovadora y otra muy distinta es dejar hacer a esos oligopolios sólo porque eso va a estimular, supuestamente, la innovación. Prueba de la desconfianza hacia este tipo de soluciones la constituye el hecho de que todos los países desarrollados llevan a cabo políticas de defensa de la competencia.

### 3. Consideraciones generales sobre la política científica y tecnológica

Las cuestiones hasta aquí señaladas conducen, pues, a que surjan *fuertes razones en favor de la toma centralizada de decisiones* (Arrow, o.c. pág. 144) o, más claramente, a que se

---

<sup>185</sup> Hay libros enteros que se dedican a revisar la enorme cantidad de literatura, teórica y empírica, sobre la relación entre estructura de mercado e innovación. Son célebres Kamien y Schwartz (1989) y Baldwin y Scott (1987). Sobre el tema puede consultarse también el capítulo sexto de Hall (1994) y Acs y Audretsch (eds.) (1991).

<sup>186</sup> Señala Arrow que *en realidad no es necesario que la empresa sea la unidad fundamental de organización en la invención*. (O.c.), pág. 153.

produzca la intervención pública dado que existe un fallo de mercado en la generación y transmisión de información.

La intervención pública, pues, puede articularse en dos líneas de actuación: de un lado el establecimiento de un sistema de protección de los derechos de propiedad sobre los resultados de las actividades de I+D, a través de las patentes fundamentalmente, para conseguir incrementar el grado de apropiabilidad de los rendimientos. Y, como segundo bloque de actuaciones, la intervención directa del sector público tanto en la generación como en la difusión de la tecnología. Esta intervención directa puede ser tanto la generación de ciencia y tecnología por parte del sector público, a través de las instituciones que controla --universidades, centros públicos de investigación-- como la colaboración en la financiación de las actividades de I+D que realicen los agentes privados, mediante subvenciones, compras públicas y demás mecanismos sobre los que después volveré.

Por las razones que han quedado apuntadas, cuando es el sector público quien realiza directamente la actividad científica y tecnológica ésta debería estar orientada a la promoción de las actividades de investigación básica y algunas de investigación aplicada, antes que a las fases de investigación en desarrollo. En las primeras fases es donde se producen más marcadamente los problemas que se vienen comentando. En este sentido, a las actividades ligadas a la I+D de las primeras fases se las llama en ocasiones "precompetitivas" por el hecho de que suelen ser asumidas por el sector público --y de hecho existe un cierto consenso académico y político en que debe ser así<sup>187</sup>--. Por contraste, la I+D competitiva la constituirían aquellas actividades desarrolladas por el sector privado --independientemente de que puedan ser cosufragadas por el Estado-- y que quedarían más cerca de las aplicaciones directamente productivas de la tecnología --la investigación en desarrollo--.

Con todo, la intervención pública no resuelve todos los problemas, persistiendo la dificultad de asignar los recursos de una forma eficiente. Esto es así, aparte de los posibles fallos de gobierno, porque el riesgo no se puede eliminar del todo --recuérdese lo consignado sobre el factor moral--, porque las patentes, como ya se ha dicho, no aseguran una apropiabilidad completa, porque restringen la difusión de los resultados de las actividades de I+D al elevar el precio de su transmisión a terceros --como el precio de la información es positivo, su demanda tendrá un nivel inferior al óptimo--y porque los compradores no pueden juzgar por adelantado de una forma óptima el valor de la información que adquieren.

---

<sup>187</sup> Véase, por ejemplo, Soete (1992), págs. 246 y ss. De todas maneras, cada país tiene su propio marco institucional. En ciertos países y ramas de actividad --como en el caso de la tecnología militar-- puede darse que incluso la investigación básica sea realizada por medio de agentes privados que trabajan en régimen de monopsonio para el gobierno. Una de las formas contractuales utilizadas en esta relación son los contratos con un margen sobre el costo.

Arrow añade --pág. 146-- un argumento más que intensifica el problema de la no determinación óptima de la demanda de información cuando la transmisión de la misma es costosa: en efecto, como muchas veces la nueva información obtenida --los nuevos hallazgos-- es función de la información obtenida previamente, puede suceder que no se genere nueva información al reducirse la difusión de la anterior. Comprar información para obtener un rendimiento económico es más fácil que hacerlo para generar nueva información, proceso que sigue siendo arriesgado y costoso. De aquí surge un argumento más a favor de la intervención pública, sobre todo en el ámbito de la I+D básica.

Hasta aquí una exposición de los motivos básicos y clásicos que justifican la existencia de políticas tecnológicas. No obstante, se podrían esgrimir argumentos adicionales a favor de la intervención pública en las actividades de I+D que tienen que ver con refinamientos de los expuestos hasta aquí --vid. Martín (1988)-- y que han surgido en el seno de la economía internacional y la teoría de la economía industrial. Estos argumentos están relacionados con la existencia de estructuras de mercado oligopólicas y la influencia que ello tiene sobre las actividades de I+D. Así, éstas se utilizarían como variables que desempeñan un papel esencial en la determinación de estrategias de competencia imperfecta. Pero, a su vez, esa estructura de mercado permite apropiarse con mayor facilidad de los resultados de las actividades de I+D, con lo que éstas son promovidas por dicha forma de competencia.

También se hace notar que los conocimientos científicos y tecnológicos, debido a su indivisibilidad, se pueden caracterizar como un coste fijo no recuperable, un coste hundido. En consecuencia, son orígenes de economías de escala. Junto a éstas, las actividades de I+D también generan economías dinámicas: esas economías externas intertemporales tienen mucha relación con el aprendizaje por el uso y por la práctica.

Otro bloque de nuevos argumentos tiene que ver con la política industrial estratégica, sobre la que no me extenderé por haber quedado ya consignada en el capítulo relativo a la dimensión internacional del cambio técnico. Aquí es la captación de rentas de oligopolio internacionales lo que justificaría la intervención pública en un determinado sector de alta tecnología. Recordar que el problema principal de esta concepción estriba en que puede ser fuente de conflictos comerciales entre países.

#### *4. Los instrumentos de política científica y tecnológica*

Una vez se ha visto que la teoría económica provee de argumentos sólidos en pro del activismo gubernamental, sin menoscabo de que surjan críticas a las formas concretas de desarrollar la política, a las que dedicaré el siguiente epígrafe, nos queda enumerar cuáles son los principales instrumentos que sirven para canalizar la intervención pública.

Por consiguiente, ofrezco una lista de posibles instrumentos y medidas de política científica, acompañándola de su justificación y objetivos, sin omitir lo relativo a sus problemas de aplicación y evaluación<sup>188</sup>. Lo que queda de este apartado es reproducción del cuadro uno, pág. 74, de Martín (1988), con algunos añadidos del autor. En el próximo capítulo se analizará en detalle los principales instrumentos concretos de la política tecnológica.

1) Tareas de coordinación y programación de las actividades entre los agentes del Sistema de Ciencia y Tecnología (SCT).

Ello elimina las posibles duplicidades que se originen entre los esfuerzos de I+D realizados por dichos agentes y coordina los esfuerzos llevados a cabo en las distintas fases del cambio técnico (investigación básica, aplicada, en desarrollo...).

Lo que dificulta la ejecución de esta medida es que precisa de un complejo marco institucional dotado de importantes recursos financieros, humanos e informáticos. Además, existe la dificultad de establecer, en un marco de incertidumbre, criterios para aplicar un necesario sistema de prioridades.

2) Tareas de búsqueda, tratamiento y difusión de información de utilidad para los agentes del SCT.

Ello facilita el conocimiento por parte de los diferentes agentes de la demanda y oferta nacional e internacional de conocimientos científicos y tecnológicos; fomenta indirectamente la cooperación entre los agentes; e informa del conjunto de ayudas públicas a la I+D.

Presenta el inconveniente de la dificultad que encierra la constitución de una red interconectada de bases de datos, dado el amplio volumen de información que es necesario acumular y la dispersión de las fuentes de procedencia de la misma.

3) Participación directa en actividades de I+D, ya sea en centros públicos o en universidades.

Ello compensa de la subinversión que como consecuencia del riesgo, inapropiabilidad e indivisibilidad que caracteriza a las actividades de I+D se puede producir en su realización por parte de las empresas; favorece la selección del personal investigador; mejora la docencia impartida en los centros de enseñanza superior; y realiza la investigación en áreas estratégicas, como defensa o seguridad.

Sin embargo, su realización está sometida lo mismo que la de otros agentes a la incertidumbre sobre sus resultados y demás. Aunque esta actividad genera importantes externalidades, éstas son de muy difícil evaluación.

---

<sup>188</sup> En Stoneman (1987a), pág. 38, puede consultarse un cuadro de similares características.

4) Ayudas financieras directas a empresas, de cinco tipos: subvenciones; créditos privilegiados; créditos contingentes<sup>189</sup>; capital-riesgo; y créditos a riesgo y ventura.

Ello estimula las actividades tecnológicas de las empresas, sea mediante la reducción de su coste, bien a través de la provisión de recursos financieros que son insuficientemente ofrecidos por los canales habituales del sistema financiero.

Sin embargo, en la medida en que suponen un proceso de selección entre potenciales empresas candidatas requieren de una importante infraestructura de recursos humanos --mano de obra muy cualificada-- y materiales. Su evaluación es compleja y sólo viable si se dispone de tal infraestructura.

Además, surge un posible efecto moral: esos instrumentos pueden actuar como estímulos a la ineficiencia técnica de los encargados de realizar estas actividades de I+D en las empresas.

5) Ayudas financieras de formación y reciclaje del personal investigador.

Ello mejora el nivel de cualificación del personal de I+D, tanto en empresas como en centros públicos y universidades; mejora asimismo la capacidad docente del profesorado.

Su aplicación no plantea problemas significativos, pues se reduce al establecimiento de una cartera de ayudas como becas o bolsas de viaje, con el fin de financiar cursos en centros nacionales y extranjeros.

6) Ayudas fiscales a empresas.

Suponen un estímulo indiscriminado a la realización de actividades de I+D de las empresas.

Su aplicación es muy sencilla, por cuanto se trata meramente de una normativa legal de ámbito general, aunque su evaluación es prácticamente inviable.

No obstante, pueden tener meramente un efecto de reducción de la recaudación, puesto que una empresa que considera adecuado realizar actividades de I+D lo hará independientemente de posibles bonificaciones fiscales. Sin contar la posibilidad de inflar artificialmente los recursos dedicados a I+D, con perjuicio no sólo de los ingresos públicos en las figuras tributarias afectadas, sino distorsionando las estadísticas sobre la materia.

7) Sistema de patentes y otras normas de protección legal a los resultados de la I+D<sup>190</sup>.

---

<sup>189</sup> Créditos que cuando las actividades de I+D no fructifican se convierten en subvenciones. De lo contrario, se reembolsan al prestamista. Como se ve, el factor moral es muy alto en esta medida. Véase sobre el tema Sebastián (1984), págs. 114 y 115.

<sup>190</sup> Una revisión reciente de la literatura teórica sobre sistemas de recompensa a los innovadores, patentes incluidas, es Llobet (2001).

Ello fomenta la generación y la difusión de la tecnología, intentando aumentar el grado de apropiabilidad de sus rendimientos.

Se requiere una importante infraestructura de medios humanos y materiales para efectuar el examen de novedad en las solicitudes de patentes y conformar de forma eficiente las muy voluminosas bases de datos requeridas.

#### 8) Compras públicas.

Sirven para fomentar la capacidad tecnológica de las empresas domésticas a través del estímulo de la demanda de sus resultados.

Es medida de aplicación relativamente sencilla, aunque tiene el peligro de poder conducir a la consecución de tecnologías desfasadas.

Además, como medida más o menos proteccionista, presenta el inconveniente de respuestas similares de otros países. Además, en procesos de integración como el de la Unión Europea, se convierte en un mecanismo inoperante en la práctica, toda vez que no es posible discriminar a favor de productores domésticos, cuando no contraproducente en la medida en que puede desviar renta hacia otros países.

#### 9) Coordinación y fomento de la participación de agentes residentes en programas internacionales.

Ello procura el acceso a los programas de I+D para los que un país no cuenta con el umbral mínimo de recursos humanos y/o financieros; aprovecha las ayudas a la I+D de ámbito supranacional.

No es difícil de llevar a cabo una vez que se dispone de la infraestructura informativa ya aludida, aunque se requiere de una importante capacidad negociadora por parte de los poderes públicos, a fin de conseguir rentabilizar al máximo la participación de los agentes residentes.

Esta clasificación presenta la ventaja de ser muy completa, pero naturalmente los instrumentos podrían ordenarse de diversa manera. Por ejemplo, tanto las ayudas financieras directas como las ayudas fiscales no dejan de ser formas diferentes de realizar acciones tendentes a financiar las actividades científicas y tecnológicas. Existe una clasificación interesante de las medidas de apoyo financiero para incentivar la I+D empresarial (Heijs (2001), págs. 50 y ss.) que serían: a) promoción directa de proyectos de I+D, que consistiría en seleccionar pocos proyectos muy concretos para desarrollar ciertos ámbitos tecnológicos considerados estratégicos, como la energía nuclear o la espacial; b) promoción indirecta específica, que apoyaría proyectos empresariales en campos tecnológicos seleccionados previamente por el Estado. Cuando los Planes Nacionales españoles o el Programa Marco selecciona el área "biotecnología" o "máquinas herramienta", etc., para financiar proyectos empresariales, se estaría utilizando este tipo de

mecanismos; tanto a) como b) son herramientas selectivas e influyen en la orientación seguida por la política tecnológica; c) promoción general no selectiva, esto es, a cualquier empresa que realice I+D se le otorga algún tipo de financiación. Este es el caso de las bonificaciones fiscales en el Impuesto sobre Sociedades, por ejemplo. Presentan el problema de que es imposible determinar a priori cuál va a ser su coste en términos de reducción de los ingresos fiscales; d) promoción indirecta general. Se apoya actividades tecnológicas en todos los campos tecnológicos, pero formalizadas en proyectos claramente definidos. Aquí el sector público debe seleccionar en función de ciertos criterios y de las disponibilidades presupuestarias que se tengan.

Optar por una u otra de estas formas de financiación depende de lo que se pretenda, pues no son autoexcluyentes en sí mismas --salvo en la medida en que los recursos públicos son escasos-- y se dirigen a agentes bien diferentes: las medidas a) están diseñadas para apoyar aspectos muy concretos y a empresas muy concretas que son las únicas que pueden embarcarse en proyectos de dimensión económica y tecnológica muy significativa. Las compras públicas se utilizan dentro de esta orientación. Las medidas b) pretenden incrementar la innovación en áreas importantes y normalmente se orientan a empresas también de cierta capacidad innovadora, si bien no tan importantes como las del tipo a). En las medidas b) el compromiso público es menor que en las del tipo a); las medidas c) se diseñan con el ánimo de fomentar la innovación en general, muchas veces en las PYMES, y para que las empresas decidan emprender estrategias innovadoras; las d) se orientan a empresas que ya son innovadoras normalmente, y que tienen la infraestructura necesaria para presentar un proyecto concreto y bien estructurado para su financiación por el sector público. Pueden ser perfectamente empresas pequeñas y medianas, pero ya con una cierta cultura innovadora.

##### *5. Algunos problemas derivados de la intervención pública*

El hecho de que lo expuesto sea hoy comúnmente aceptado en el debate sobre las razones que pueden justificar una política tecnológica<sup>191</sup>, ese hecho, decimos, no obsta para que surjan matizaciones y reticencias sobre la viabilidad de formularla y aplicarla de forma que la asignación de recursos que ésta genere sea preferible a la solución de mercado. Debe quedar claro que, por las razones que ya se han apuntado, la política tampoco genera asignaciones eficientes. La persistencia del riesgo, de la inapropiabilidad, de la determinación de la demanda,

---

<sup>191</sup> En un interesante y curioso trabajo de Demsetz publicado en 1969, el autor realiza una crítica desde una posición liberal, más cercana al institucionalismo que al neoclasicismo, a los argumentos de Arrow donde subyacen apreciaciones nada desdeñables sobre la metodología de la economía del bienestar y de la teoría neoclásica en general. Véase en la sección IV --Demsetz (1969), pág. 174 y s.-- una crítica a las insuficiencias del concepto de optimalidad paretiana a la hora de establecer criterios para la consecución de objetivos prácticos.

de la ineficiente transmisión de información, etc. obligan a moverse en soluciones de segundo o tercer óptimo.

La pregunta es, ya que el mercado no asigna eficientemente los recursos en actividades de innovación, cómo lo hará el sector público, tanto en el sentido de cómo hay que determinar la cantidad de recursos que deban destinarse a invención, como en el de cómo estimular la eficiencia en su uso. La respuesta o el criterio teórico es fácil de enunciar: debe dedicarse recursos a la invención hasta que el beneficio social marginal esperado sea igual allí al beneficio social marginal en usos alternativos. Pero, por las razones apuntadas, ese cálculo deviene enormemente difícil. De ahí los interrogantes a la intervención gubernamental.

Enunciaré, pues, algunas de estas objeciones agrupándolas en grandes líneas de argumentación y siguiendo para ello Martín (1988), pág. 72 y 73:

1) El conocimiento imperfecto que se tiene de la estrategia seguida por las empresas en estructuras de competencia oligopolística, lo que genera incertidumbres sobre los efectos de las políticas de apoyo a la I+D empresarial.

2) La gran cantidad de información que se requiere para una adecuada distribución de ayudas, especialmente en el caso de que se prioricen determinados sectores o empresas.

3) La posibilidad de que ayudas que se brindan a empresas del país se puedan canalizar hacia inversores extranjeros y, por consiguiente, a países extranjeros. Esto es así en el caso de empresas multinacionales o del país participadas por capital foráneo.

4) La dificultad de aplicar técnicas, como las de coste beneficio, para evaluar la validez de las acciones llevadas a cabo cuando la estructura de mercado está oligopolizada.

5) La posibilidad de conflictos y represalias comerciales cuando los resultados de las ayudas a la I+D actúan en contra de terceros países lesionando la competitividad de sus empresas.

6) La posibilidad de que ciertas actuaciones realizadas por el sector público acaben quedando sesgadas a favor de aquellos agentes con mayor capacidad de presión sobre los responsables de distribuir las ayudas. Esto vale tanto para las empresas como para los grupos investigadores.

Estas razones no invalidan la necesidad, la posibilidad y la justificación de realizar una política científica y tecnológica, sólo previenen sobre posibles efectos no deseados. El hecho de que todos los países desarrollados las lleven a cabo significa que sus logros justifican sus costes y posibles problemas. Por otra parte, un repaso a los instrumentos enunciados en el epígrafe anterior indica que no todos ellos poseen los mismos riesgos ni las mismas dificultades de orden práctico.

La realización de tareas de I+D por el sector público, especialmente en los niveles básicos o "precompetitivos"; las ayudas a la formación y reciclaje del personal investigador; las tareas de

búsqueda, tratamiento y difusión de la información; las tareas de coordinación de las actividades de I+D de los diferentes agentes, estas cuatro medidas parece que son las que cuentan con una mayor justificación, por varias razones: son las medidas que generan mayores externalidades y que poseen una rentabilidad social obvia. Son por eso las más difíciles de realizar por el mercado. Por otra parte, son medidas horizontales, que no discriminan entre empresas o sectores. Asimismo todas esas acciones públicas reportan unos inputs que resultan inapreciables para el funcionamiento del SCT de un país. Las medidas horizontales, sin embargo, plantean un problema: el de la masa crítica, es decir, la existencia de un nivel mínimo de ayuda por debajo de la cual ésta no surte efecto, desperdiciándose así los recursos. Distribuir horizontalmente las ayudas puede tener el efecto de que su eficacia se diluya en un mar de pequeños beneficiarios.

Por el contrario, existen otras medidas claramente desaconsejables por las razones expuestas en su lugar, y que son los créditos contingentes y las bonificaciones o exenciones fiscales.

En cuanto a las herramientas selectivas o no horizontales son delicadas, puesto que requieren mayor infraestructura para su evaluación, seguimiento y distribución, sin contar los riesgos de resultar erróneas, provocando una pérdida de recursos. El problema de la excesiva dispersión inherente a las políticas estrictamente horizontales junto con las limitaciones presupuestarias de las ayudas lleva a que siempre deba existir un imprescindible proceso de selección que obedezca a unas prioridades que, eso sí, deben ser transparentes. De hecho, la mayor parte de los países concentran sus ayudas en sectores de nuevas tecnologías, como la electrónica, la biotecnología, los nuevos materiales, etc.

Si se ha de buscar alguna guía acerca de los límites de las políticas sectoriales, Julio Segura señala, cuando se trata de suministrar fondos públicos a las empresas, que *las ayudas que se instrumenten por medio de las políticas industriales deberían ser siempre limitadas desde el comienzo tanto en plazo como en cuantía y condicionadas al cumplimiento estricto de contrapartidas por parte de las empresas beneficiarias, que deben ser económicamente viables* (Segura (1992), pág. 52) o progresivamente independientes de las ayudas. Esto son unos criterios mínimos que pueden perfectamente adecuarse a las políticas tecnológicas, que no dejan de ser un tipo específico de política industrial, a las que se refiere Segura en el trabajo citado.

Hasta aquí la discusión se ha centrado en el dominio de las posibles políticas tecnológicas nacionales, con sus justificaciones y problemas. Sin embargo, convendría añadir que las mismas características de las tecnologías, por lo menos en ciertos ámbitos, sugieren que podría ser justificable una coordinación y una fijación de prioridades a nivel internacional<sup>192</sup> (vid. Soete

---

<sup>192</sup> Con esto no me refiero a la que se pueda dar en el marco de actuaciones entre países participantes en procesos de integración, del estilo de la Unión Europea, sino a convenios entre la propia Unión, los Estados Unidos y Japón, las tres grandes potencias.

(1992), pág. 251 y ss.). La creciente complejidad de la ciencia y la tecnología justifica no sólo la colaboración de agentes privados, sino también la de los públicos, sobre todo en la investigación básica a largo plazo. De hecho, esto ya es así en proyectos que requieren un enorme coste en equipo que es difícil de asumir incluso por el país más rico. Piénsese, a modo de ejemplo, en el CERN, dentro del campo de la física de partículas. En este tipo de casos, la tasa social de retorno mundial en su conjunto es mayor que la de los países individualmente considerados. Esta colaboración evitaría el dejar de emprender ciertos proyectos por falta de recursos o al menos el despilfarro por duplicación de esfuerzos. Obviamente, cuando se plantea el tema de la coordinación y la colaboración internacional surgen los típicos problemas de conductas *free-rider*.

#### *6. La evaluación de la política científica y tecnológica*

Aunque haya quedado claro que existen poderosas razones de tipo técnico que justifican la existencia de la política científica y tecnológica, debe tenerse presente que si ésta se realiza se plantean problemas en torno a su efectividad y a su eficiencia, como ya ha quedado indicado en el epígrafe anterior. Es decir, se trata de averiguar el grado en que las medidas auspiciadas por el sector público cumplen o no los objetivos deseados y si los recursos públicos utilizados son aprovechados de la mejor forma posible.

La evaluación de la política científica y tecnológica es el proceso que debe servir a estas finalidades. Como señala Heijs (2001), pág. 11 y 12, *la evaluación de la política tecnológica se puede definir como la aplicación sistemática de los instrumentos analíticos para analizar la conceptualización, diseño, aplicación y desarrollo y utilidad de los programas de intervención pública*.

Dado que los diversos programas poseen determinados objetivos, se trataría de determinar hasta qué punto los efectos de dichas medidas cumplen o no y en qué cuantía las diversas finalidades de las medidas públicas sobre aspectos empresariales --como las ventas, la competitividad, la colaboración entre empresas, los beneficios, los resultados tecnológicos obtenidos, innovaciones de producto o proceso, etc.-- o científicos --número de artículos publicados, creación de nuevos conocimientos, incremento en la participación del país en programas científicos internacionales, etc.-- o incluso sobre aspectos más generales o sociales --puestos de trabajo creados, condiciones laborales, mejora de las condiciones de vida, del medio ambiente<sup>193</sup>, facilidad de acceso a nuevos servicios o bienes, etc.

En este epígrafe nos referiremos a los diversos tipos de estudios de evaluación y a comentar algunos aspectos importantes de la misma desde un punto de vista teórico. Existe una

---

<sup>193</sup> Villamil y Maties (1998) estudia la política económica del medio ambiente y los diversos aspectos relacionados con ella.

abundante literatura sobre la materia. Un trabajo reciente dedicado de forma específica a esta cuestión es VVAA (2002b). Asimismo, seguiré también OCDE (1995) y el ya citado Heijs (2001).

### **6.1. Diversos sistemas para la evaluación de políticas científicas y tecnológicas.**

Doy aquí una posible clasificación de sistemas de evaluación, que sólo pretende apuntar ideas, porque en algunos casos los sistemas presentan zonas de solapamiento, que ya se irán comentado en las descripciones de los métodos.

#### **a) Métodos de entrevistas**

Como su nombre indica, en estos métodos se entrevista a personas relacionadas de una u otra manera con los programas públicos o a expertos independientes que conocen la situación y son capaces de ofrecer una opinión cualificada.

En función del tipo de programa que se deseara evaluar, las personas entrevistadas serían diferentes. Por ejemplo, si se deseara evaluar un programa de subvenciones a la I+D empresarial se podría entrevistar a directivos de las empresas que reciben ayudas o incluso de las que no las reciben, para intentar determinar por qué no las han solicitado, etc. En el caso de programas relacionados con investigación básica o precompetitiva, los entrevistados serían científicos, personal universitario o de los organismos de investigación, etc.

Es conveniente contar además de con las personas directamente involucradas con expertos independientes que presentan menores intereses directos y que están menos apegados a la realidad de una empresa o centro de investigación cualquiera.

Estos métodos de evaluación por entrevistas pueden ser utilizados bien por la propia administración que realiza los programas --evaluación interna de los mismos-- o por evaluadores independientes, que pueden hacer la tarea ya sea contratados por las instituciones respectivas o no --evaluación externa--. En este último caso también se debe entrevistar a los responsables y gestores de los programas públicos que están siendo evaluados.

Este sistema permite obtener datos personalizados, pero no puede aspirar a ser plenamente representativo de todos los beneficiarios del programa, porque la muestra de entrevistados debe ser forzosamente selectiva. Otro problema que plantea este sistema es el de que los entrevistados, en el caso de ser los beneficiarios de las ayudas, pueden tener incentivos a no revelar toda la información que poseen.

#### **b) Métodos basados en el juicio de expertos**

He colocado este método como un subtipo del anterior, pero también se puede considerar en sí mismo un sistema independiente. En todo caso destacar que el juicio de los expertos puede ser recabado por medio de entrevistas o por medio de informes escritos. Además, la consulta a expertos puede ser un complemento de consultas a diversos agentes implicados en los programas de innovación --junto con los beneficiarios o las agencias gestoras del programa-- o bien puede utilizarse en otros contextos como un tipo de mecanismo formal: por ejemplo, la obligatoriedad de superar el examen de algún evaluador independiente o de alguna agencia evaluadora para poder recibir algún tipo de ayuda pública o en su caso para renovarla.

El sistema de la consulta a expertos permite, más que recoger información sobre un programa público, analizarla bajo ciertos criterios comprobados.

#### c) Método de cuestionarios

Este sistema permite obtener información sobre el desarrollo y la satisfacción o no de los participantes en los programas, pero de una manera mucho más extensiva que el sistema de las entrevistas. En efecto, un cuestionario puede ser enviado a todos los participantes en un programa de subvenciones y puede ser obligatoria su cumplimentación. Esto permite obtener una gran cantidad de información para un posterior análisis por parte de expertos o de la administración gestora del programa.

Los cuestionarios pueden ser más o menos abierto, en el sentido de que establezcan ciertas categorías fijas de preguntas, con escalas de evaluación, como en una encuesta, o permitir una mayor iniciativa a quien haya de responderlo. Los primeros tienen la ventaja de poderse procesar con mayor facilidad.

Los cuestionarios también pueden ser remitidos a expertos, con lo cual este sistema presenta posibles solapamientos con el anterior.

#### d) Métodos de estudios de casos

Se trata de realizar estudios de alcance más limitado, pero más profundo. Por ejemplo, analizar el comportamiento de tal o cual gran empresa y de ahí intentar derivar pautas generales o aplicables a empresas semejantes, o bien centrarse en determinados sectores productivos o acotando el espacio geográfico a una determinada región o comarca, o aunando la delimitación sectorial y geográfica: por ejemplo, el estudio de tal sector en tal comarca.

Este tipo de estudios permiten analizar en gran detalle el comportamiento de los grupos analizados, así como las razones de ese comportamiento, su adaptación a posibles cambios y determinar también cómo se hubieran comportado en ausencia de la medida pública, aspecto éste que constituye un factor esencial y sobre el que más abajo se volverá.

En estos estudios de casos, cuando el ámbito del análisis es superior a una unidad individual --empresa o universidad o centro de investigación concreto-- se pueden utilizar bases de datos realizadas a partir del procesamiento de cuestionarios rellenos por los organismos a estudiar. Un importante aspecto de este tipo de estudios consiste en la comparación de ese grupo o de una parte de ese grupo de empresas --que se suele llamar grupo de control o de referencia, según los estudios-- con otros tipos de empresas o bien con otros subgrupos del grupo estudiado -o el grupo en sí--, si lo que se hace es analizar diversas submuestras de la base de datos, comparándolas con el conjunto de la muestra o con otras submuestras.

#### e) Métodos basados en el análisis de indicadores

Como su nombre indica, se trata de estudiar la evolución de los diversos tipos de indicadores para poder extraer consecuencias sobre la política científica y tecnológica.

El análisis puede realizarse de formas muy variadas, utilizando metodologías más o menos complejas: desde estudios relativamente descriptivos de los datos disponibles hasta especificaciones econométricas --u otras técnicas cuantitativas-- de mucha mayor precisión pero menos accesibles a los interesados que desconocen esas técnicas y las formas de interpretar esos resultados.

Así, el estudio de los gastos en I+D, del personal puesto a disposición de actividades de I+D, el gasto público en política científica y tecnológica --entre los indicadores de esfuerzo-- y/o el estudio de los resultados de dichas actividades --patentes y otras medidas de protección de la propiedad industrial/intelectual, producción científica, comercio exterior de productos de alta tecnología, balanza tecnológica, etc--, sea a nivel temporal o espacial o ambos, constituye una forma de evaluar la política científica y tecnológica.

También puede analizarse la información que posee el sector público, que puede ofrecer datos sobre qué proyectos financia, en qué sectores, de qué cuantía, en qué territorios, etc. Pero esa información no siempre se hace pública o sólo con mucho retraso.

Otra variante de este tipo de estudios es el análisis de las encuestas sobre el comportamiento innovador de las empresas, donde se toman muestras de empresas y se verifica su comportamiento sobre un gran número de cuestiones relacionadas con la innovación.

Este sistema de evaluación presenta la ventaja de que los datos de partida son perfectamente accesibles y fiables, puesto que son realizados por instituciones estadísticas oficiales, tanto nacionales como internacionales, con lo que su calidad queda salvaguardada, y de ahí pueden medirse los impactos de las medidas de política sobre los objetivos propuestos o relacionar efectos con recursos empleados. Ahora bien, el problema estriba en la excesiva generalidad y agregación de los datos, cuyas fuentes están sometidas a secreto estadístico. Además, y forzosamente, la evolución de la mayoría de los indicadores, y éste es precisamente el

problema más grave, no tiene por qué tener relación directa con la política tecnológica en sí o si la tiene no sabemos en qué proporción. Por ejemplo, si los gastos en I+D de las empresas se han incrementado en un determinado tanto por ciento eso puede deberse o no a las acciones de la administración, pero también a que las empresas son más sensibles a la innovación, o a que han decidido adoptar una actitud más competitiva y utilizan la innovación como herramienta, etc.

En este sentido, el análisis del gasto directamente realizado por el sector público o de los indicadores referidos al propio sector público es más preciso a la hora de evaluar la política científica y tecnológica que los indicadores generales.

#### f) Métodos de comparación en las actuaciones públicas entre países

Este sistema, muy utilizado por la Unión Europea al comparar las actuaciones nacionales, más que ser propiamente un sistema de evaluación, permite orientar las actuaciones de los diversos países hacia lo que se suelen llamar mejores prácticas. Este tipo de ejercicios de comparación se suelen designar como ejercicios de *benchmarking*.

#### g) Métodos contables y financieros

Este conjunto de métodos tienen en común, y de ahí su agrupamiento, que utilizan herramientas contables o de matemática financiera para realizar la evaluación de las diversas medidas de política científica y tecnológica a las que puedan aplicarse, porque se trata de instrumentos diseñados para utilizarse normalmente en evaluaciones de programas concretos. En todo caso, aunque se trate de sistemas teóricamente excelentes pueden resultar en la práctica completamente imposibles de utilizar.

Ejemplos de estos métodos son el análisis coste beneficio, que pretendería comparar los costes y los beneficios derivados de un programa de política científica y tecnológica. Un programa sería apto en principio si el neto es positivo, con matizaciones, por supuesto, porque habría que ver la distribución o sobre quién recaen dichos costes y beneficios y las posibles compensaciones de perdedores. Pero sucede que identificar y cuantificar las corrientes de costes --incluyendo los de oportunidad e indirectos-- y las de beneficios --incluyendo externalidades, que por definición no tienen una valoración de mercado-- es tarea prácticamente imposible.

Además del coste beneficio, están los métodos que pretenden valorar la tasa de retorno de los diversos programas evaluados o el valor actual neto de las corrientes de ingresos y gastos derivadas del programa para poder tener una medida de la rentabilidad de las medidas de política.

## **6.2. El concepto de adicionalidad y su relación con la política tecnológica y el proceso de evaluación**

Se ha argumentado que dado que el progreso técnico provoca mejoras en el crecimiento y la competitividad y dado también que por razones inherentes a las actividades científicas y tecnológicas el mercado produce unas asignaciones subóptimas, la intervención pública permite que las empresas realicen actividades de I+D que de otra manera no emprenderían --o en mucha menor cuantía-- y que así la acción del sector público contribuya al mayor crecimiento y mayor competitividad de la economía del país.

En el anterior razonamiento hay dos partes: a) la acción pública induce un incremento del gasto privado en I+D que de otra manera no tendría lugar; b) ello genera un incremento del bienestar del país.

Si bien ambos conceptos pueden mantenerse, cabe realizar algunas reflexiones acerca de los mismos y poner ambas ideas en relación con el proceso de evaluación.

La idea por la cual el apoyo público a la promoción de la tecnología produce un incremento adicional de las inversiones en I+D por parte de las empresas se denomina *adicionalidad*, y es un concepto importante de la política tecnológica<sup>194</sup>. Precisamente, uno de los objetivos de la tarea de la evaluación es intentar determinar si ésta se produce y en qué cuantía, pudiéndose realizar según diversos métodos. Si la adicionalidad no se produce, es decir, si simplemente el dinero público sustituye al dinero privado, se suele hablar de *efecto sustitución* o *crowding out*.

Ahora bien, la adicionalidad no resuelve todos los problemas. En efecto, la adicional puede conceptuarse como una condición necesaria, pero no suficiente para justificar la política tecnológica (Heijs (2001), pág. 43). En efecto, si la política tecnológica induce inversiones que se hubieran realizado de todas maneras por parte de las empresas, o si la política permite que se realicen actividades que no resultan económicamente rentables y no generan externalidades sobre la economía, o si los beneficios derivados de la acción pública son superados por los costes directos e indirectos de la política --lo que más arriba llamábamos la parte b) del razonamiento y sobre lo que vuelvo después--, entonces, en los tres casos citados, la adicionalidad, que sí se habría producido, no hubiera sido suficiente para justificar las medidas de política tecnológica.

En ocasiones se habla de diversos tipos de adicionalidad: la adicionalidad financiera, el concepto más común de la misma, que alude a los fondos utilizados: si los fondos públicos inducen a que las empresas inviertan recursos en actividades de I+D que no hubieran realizado --o lo hubieran hecho más tarde y/o en menor medida-- en ausencia de intervención pública; la adicionalidad de los resultados: si la ayuda pública permite que se obtengan resultados tecnológicos que no se hubieran producido en ausencia de intervención; la adicionalidad del comportamiento, donde se inducen cambios en la actitud investigadora de las empresas, en el factor humano, etc.

---

<sup>194</sup> Un trabajo sobre dicho concepto es Urzay (2001).

En suma, la política tecnológica vendría justificada por el lado de la adicionalidad, pero sólo como condición necesaria, si la intervención estatal implica un aumento de los gastos en I+D por parte de las empresas y si las ayudas públicas contribuyen a que se generen tecnologías o una mayor aplicación y difusión de las existentes, permitiendo que nuevos productos o procesos se introduzcan en el mercado.

Ahora bien, para acabar de completar lo dicho sobre la efectividad y justificación de la política tecnológica se debe averiguar si ésta contribuye al incremento neto del bienestar --lo que nos quedaba del razonamiento expuesto al principio de este epígrafe-- y aquí cabe introducir lo relativo a la situación de las tecnologías ya existentes y a la situación de las empresas no beneficiadas por los programas públicos.

Si las políticas tecnológicas empeoran la situación de las empresas no beneficiadas, dejando obsoleta su tecnología, o permitiendo grandes deterioros de la competencia entre empresas beneficiadas y no beneficiadas --en general, si se producen externalidades negativas en otras empresas--, entonces la contribución de la política tecnológica al bienestar económico puede quedar altamente cuestionada o sencillamente anulada, aunque se haya producido adicionalidad y se hayan generado externalidades positivas en el conjunto de la economía. Para calcular el efecto resultante habría que comparar los efectos tanto positivos como negativos de las ayudas.

En resumen, para que la política tecnológica quede justificada, sus costes, incluyendo los de oportunidad, los de aplicación y gestión de la misma, las posibles externalidades negativas, etc., deben ser menores que los beneficios generados en el bienestar social a resultas de su aplicación, computando también los efectos externos positivos sobre la economía, las mejoras en la actitud sobre la innovación, el aprendizaje, etc.

Todo esto posee repercusiones sobre el proceso de evaluación. En efecto, la adicionalidad puede calcularse o al menos aproximarse a ella mediante cuestionarios remitidos a los beneficiarios de los programas o mediante técnicas econométricas, por ejemplo, aun cuando resulte una tarea muy compleja. Sin embargo, la evaluación de posibles efectos sobre empresas no beneficiadas o la recogida de información sobre todo tipo de efectos externos o internos, de costes y de beneficios, puede llegar a ser imposible. Pero las dificultades no invalidan o aminoran la necesidad de realizar estudios de evaluación, puesto que, pese a los problemas, el sector público necesita disponer de herramientas, aun cuando sean incompletas, para conocer los efectos de sus actuaciones y ver si éstas cumplen los objetivos propuestos y si hace falta una reorientación de las políticas.

Concluiré con unas reflexiones de Heijs (2001), págs. 40 y 41, quien señala que *uno de los grandes problemas para los estudios de evaluación es convertir los argumentos teóricos en indicadores que sean manejables en el mundo real... La evaluación de las políticas tecnológicas todavía está en una fase de desarrollo y solamente mediante el aprendizaje --prueba y error-- se*

*puede avanzar en los conocimientos científicos respecto al diseño y la metodología a seguir en los estudios de evaluación.*

## **Capítulo doce. Los principales instrumentos de la política científica y tecnológica.**

### *1. Introducción*

El capítulo anterior estuvo dedicado a exponer las razones que justifican la existencia de la política científica y tecnológica, añadiéndose algunos otros apartados, como la enumeración de un conjunto de instrumentos de dicha política.

Sin embargo, esa enumeración no entraba en detalles acerca de sus características y singularidades. En este capítulo se profundizará en las medidas de política científica y tecnológica que son más utilizadas en los países desarrollados. Para este capítulo utilizaré como base un reciente y muy documentado trabajo que aparece referenciado en la bibliografía como COTEC (2000b) y que aquí resumo en sus contenidos principales.

Este capítulo se ceñirá a las cuestiones generales que afectan a los instrumentos considerados, sin perjuicio de realizar algún comentario sobre comparaciones internacionales en el uso de los instrumentos. El caso español se analizará detalladamente en capítulos posteriores de este trabajo aunque aquí se realizarán algunas referencias aisladas al mismo.

### *2. Los beneficios fiscales a las empresas como medida de política científica y tecnológica*

Como su nombre indica, este tipo de instrumento consiste en proporcionar a las empresas que realicen actividades de I+D determinados incentivos fiscales, generalmente deducciones en el impuesto sobre sociedades. Así, las empresas podrán dedicar más recursos a este tipo de actividades reduciendo sus costes y otros problemas asociados a la actividad tecnológica.

A diferencia de otros instrumentos, como las subvenciones, las medidas fiscales poseen un carácter horizontal, es decir, no implican selección de proyectos por parte de la autoridad pública.

Las medidas fiscales y las subvenciones son los instrumentos más utilizados por la política tecnológica a la hora de diseñar actuaciones que induzcan a las empresas a realizar actividades de I+D.

Existen diversas formas de traducir a la práctica el incentivo fiscal. Veamos los principales tipos.

#### **2.1. Los incentivos fiscales en la base imponible del impuesto**

El gasto en I+D se puede considerar como un tipo de inversión puesto que no genera un beneficio de forma inmediata. No obstante, los sistemas fiscales suelen considerar el gasto en I+D

como deducible de la base del impuesto. Si es posible deducir en todo o en parte esos gastos en el año en que se han realizado, entonces puede considerarse como un tipo de depreciación acelerada.

Los gastos de I+D pueden deducirse en la base imponible de varias maneras: mediante un sistema de amortización en un plazo relativamente breve, por ejemplo cinco años; mediante una amortización acelerada para los activos fijos (entre dos y cinco años); mediante una deducción en el ejercicio de gastos corrientes cualificados; mediante la deducción en el ejercicio de la totalidad del gasto; mediante la deducción en una cuantía mayor al gasto realizado.

## **2.2. Los incentivos fiscales en la cuota del impuesto**

Si en el caso anterior se deducía el gasto de la base imponible aquí se trata de deducir en la cuota. Este tipo de incentivo también se denomina crédito fiscal y es menos utilizado que la deducción en base. Países que lo emplean son Canadá, Italia, Países Bajos, Francia, Estados Unidos, Japón, Corea, España, Austria y Portugal, y normalmente es un incentivo que complementa las deducciones en base.

Quando se aplica se suele hacer de tres maneras distintas (COTEC (2000b), 37 y 38):

a) Deducción fiscal lineal: permite deducir en la cuota del impuesto de sociedades un porcentaje (con un máximo) del importe bruto o neto (gastos menos subvenciones de la cantidad invertida) de los gastos en I+D+I realizados, con o sin límite global sobre la cuota;

b) Deducción fiscal incremental: la deducción no se aplica a la totalidad del gasto realizado, sino al incremento de gasto realizado respecto a una base de referencia (generalmente la diferencia sobre el promedio de los recursos dedicados en ejercicios anteriores). En este caso, las empresas que no incrementan sus gastos en I+D+I no pueden disfrutar del incentivo;

c) Solución mixta: es una combinación de las dos anteriores. Por una parte, permite deducir en la cuota del impuesto un porcentaje de los recursos aplicados a la I+D+I y, por otra, en el caso en que estos gastos supongan un incremento sobre ejercicios anteriores, se puede deducir adicionalmente un porcentaje de dicho incremento.

## **2.3. Algunas características de los incentivos fiscales en la OCDE**

Se exponen a continuación algunos rasgos interesantes en la comparación internacional en la utilización de estos incentivos<sup>195</sup>:

---

<sup>195</sup> Vid. COTEC (2000b), pág. 38 y 39 y la bibliografía que ahí se cita.

--En la mayoría de los países (no en todos) se permite una depreciación acelerada de los equipos utilizados para actividades de I+D+I. Normalmente los edificios o plantas empleadas como laboratorios de I+D+I no participan en los esquemas de amortización acelerada.

--Todos los países, excepto Nueva Zelanda, permiten la deducción en la base imponible del impuesto de la totalidad de los gastos corrientes en I+D+I efectuados durante el período. Australia y Austria permiten la deducción de más del 100% de los gastos corrientes (125% Australia y 118% Austria).

--En algunos países existen dos sistemas impositivos y, por tanto, dos tipos de incentivos fiscales: central (federal) y regional (provincial). Como ejemplo de ello, Canadá y Estados Unidos.

--La definición del gasto en I+D+I deducible varía también por países. En ocasiones, la definición es más restrictiva que la ofrecida por el manual de Frascati; en algunos países el gasto en I+D+I ha de ser cualificado por un organismo oficial previamente a la aplicación del incentivo (Austria, Australia, Canadá, Estados Unidos); en otros (Austria) se incluye la adquisición de patentes como gasto deducible.

--Las deducciones fiscales se consideran imputables como ingresos en algunos países (Canadá y Estados Unidos).

--El tratamiento de las empresas con pérdidas (es decir, la posibilidad de deducir el gasto en períodos futuros) y el abono del crédito fiscal también difiere entre países.

--Un tratamiento fiscal especial para las pequeñas y medianas empresas se aplica en Bélgica, Canadá, Corea, Países Bajos, Italia y Japón.

--Dinamarca y Japón favorecen especialmente la investigación básica en ciertas áreas de prioridad tecnológica.

--Algunos países establecen incentivos fiscales por el empleo en I+D+I.

## **2.4. Valoración de los beneficios fiscales**

Para intentar evaluar el impacto de los beneficios fiscales el objetivo sería determinar hasta qué punto el ahorro que supone la medida fiscal incentiva el gasto de las empresas en I+D. Idealmente, se trataría de comparar el gasto en I+D con el incentivo fiscal y el gasto en I+D que se produciría en ausencia del mismo. Y en esta comparación --y en la evaluación de la efectividad de la política tecnológica de este tipo-- la elasticidad precio de la inversión en I+D desempeña un papel considerable. En efecto, si ésta es baja, reducciones en el coste de la I+D incrementarán poco la realización de actividades de I+D. Esto significa que al reducirse los impuestos lo único que se consigue en la práctica es que el gasto en I+D se financie mediante las bonificaciones fiscales antes que con recursos privados.

Por contra, si la elasticidad es alta, reducciones en el coste de la I+D --en este caso las originadas por los incentivos fiscales-- inducirán un mayor comportamiento inversor en I+D por

parte de las empresas. Éste sería el objetivo deseable: el incentivo fiscal genera un efecto impulsor de la inversión en I+D.

El problema es que no es posible determinar cuál es el gasto en I+D que se realizaría en ausencia del incentivo. Por ello han surgido diversos métodos para realizar la evaluación de los incentivos fiscales en materia tecnológica.

El primer sistema que se ha ideado es el de los estudios de casos. En ellos se compara el comportamiento de las empresas antes y después de un cambio en la política de incentivos fiscales, habitualmente a partir de encuestas realizadas a los directivos de las empresas. Este tipo de trabajos suelen presentar resultados muy poco optimistas, si bien no consideran los otros factores que influyen en la decisión de inversión en I+D. Mansfield analizó un conjunto de empresas de EE.UU., Canadá y Suecia y obtuvo que el incremento de gasto en actividades de I+D es significativamente menor que la cuantía que la autoridad fiscal dejó de ingresar en virtud del incentivo fiscal. La elasticidad-precio estimada es de un 0,3.

Un segundo sistema estima econométricamente la cantidad adicional de gasto en I+D inducida por el incentivo fiscal. Se trata de especificar una ecuación de demanda de I+D en la que se incluye una variable ficticia que representa la existencia del incentivo fiscal. El coeficiente de esta variable “dummy” mide la cantidad de I+D inducida por el incentivo fiscal. Este es un método sencillo pero impreciso, porque no todas las empresas pueden gozar de igual manera del beneficio fiscal en un momento determinado del tiempo y la variable ficticia puede recoger otro tipo de efectos.

El tercer sistema consiste en la estimación o bien de la elasticidad-precio de la I+D o bien de la cantidad adicional de I+D inducida por un aumento en el incentivo fiscal. En este método se estima una ecuación de I+D que incluye determinantes no fiscales del gasto en I+D y una variable precio que mide el coste de uso de la I+D. La respuesta estimada del gasto en I+D a esta variable precio se convierte en la elasticidad de la I+D. Si la variable precio incluye el subsidio implícito dado por el incentivo fiscal, ésta será una medida directa de la respuesta de la I+D al tratamiento fiscal. Si no contiene una medida del incentivo fiscal, es posible emplear la elasticidad de la I+D respecto al precio para inferir la respuesta inducida por una determinada reducción fiscal del precio.

Estos métodos y los trabajos a que han dado pie han estudiado especialmente el caso de los Estados Unidos. En general, los estudios realizados en los años ochenta plantean dudas a la efectividad de los incentivos fiscales, al obtener una reducida elasticidad-precio de la I+D. En cambio, la mayoría de los trabajos de los años noventa son más optimistas al obtener elasticidades en torno a la unidad. Entre los motivos de este cambio se encuentran la mejora en los métodos de estimación y especificaciones empíricas, la mejora en las fuentes de datos y el aumento en el número de observaciones que permite una experiencia más larga en los incentivos fiscales a la I+D existentes.

Los estudios en países como Australia, Canadá, Francia, Japón y Suecia llegan a los resultados semejantes a sus homólogos americanos: la respuesta del gasto en I+D a los incentivos fiscales tiende a ser menor en los primeros trabajos que la hallada posteriormente.

Reproduzco aquí un cuadro que recapitula los resultados de algunos trabajos relevantes en esta materia (vid. COTEC (2000b), pág. 44)

TRABAJO	PAÍS	PERÍODO ESTUDIADO	ELASTICIDAD ESTIMADA
Mansfield y Switzer (1985)	Canadá	1980-1983	0,04-0,18
Mansfield (1986)	Suecia	1981-1983	Pequeña
Bernstein (1986)	Canadá	1981-1988	0,13
Bloom, Griffith y Van Reenen (1999)	G7 y Australia	1979-1994	0,16 (coto plazo) y 1,1 (largo plazo)

### 3. Las subvenciones como instrumento de política tecnológica

Los diversos tipos de subvenciones a la realización de actividades de I+D son los instrumentos de política científica y tecnológica más tradicionales. Al igual que los incentivos fiscales, su objetivo es promover el gasto en I+D a partir, entre otras cosas, de la reducción del coste que dichas actividades tendrían para su realizador.

Las subvenciones se suelen conceder con el propósito de incentivar actividades de innovación en las que los problemas de externalidades poseen un importante papel o como formas de reducir el riesgo asociado a las actividades innovadoras.

A diferencia de los incentivos fiscales no son horizontales. Para la asignación de subvenciones existe un organismo público que establece prioridades fundamentadas en criterios de bienestar social. Pero la determinación de estas prioridades es una decisión política. Las subvenciones son de alcance general, porque pueden aplicarse tanto a la I+D empresarial, como a la universitaria; a la investigación básica como a la aplicada o en desarrollo, etc.

En el pasado, las subvenciones se centraban en programas de amplio alcance en materias como defensa, energía nuclear, industria aeroespacial en las que participaban pocos agentes -- empresas muy grandes-- y su gestión se caracterizaba por un control administrativo centralizado.

En los últimos años, factores como el desarrollo de nuevas tecnologías con empresas innovadoras más pequeñas, el surgimiento de objetivos socioeconómicos más centrados en el bienestar han reconducido el diseño de este tipo de instrumentos. Actualmente, las políticas tecnológicas nacionales pretenden clarificar los objetivos de los programas subvencionados y descentralizar su aplicación.

El objetivo es que los programas se orienten a satisfacer necesidades socioeconómicas y a difundir los resultados de sus investigaciones para maximizar la rentabilidad social, sin distorsionar las decisiones de los agentes económicos.

La OCDE ha realizado una posible clasificación de los distintos programas de apoyo a la I+D (COTEC (2000b), pág. 47):

--Programas genéricos que tratan de incentivar el avance tecnológico en áreas no definidas o definidas en sentido amplio. La mayoría proporcionan financiación a empresas aisladas o a consorcios industriales con el objetivo de reducir los costes de la inversión. A menudo incluyen la participación de universidades e institutos universitarios, a través de convenios de colaboración públicos/privados. Normalmente las empresas financian el 50% o más del coste del proyecto. Los requisitos para que la financiación pública sea concedida suelen estar ligados a la excelencia investigadora de los participantes, a la calidad del proyecto y a su habilidad para contribuir a desarrollos tecnológicos de amplio valor en el mercado. El objetivo puede ser fomentar la innovación precompetitiva. Pertenecen a este tipo de programas, entre otros, el ATP (*Advance Technology Program*) en USA, el LINK en Gran Bretaña, y en Europa los Programas Marco de la Unión Europea y el programa EUREKA.

--Programas que tratan de fomentar el desarrollo tecnológico en sectores o áreas tecnológicas específicas. Normalmente sus presupuestos y objetivos son más modestos. Suelen tener presente el valor comercial de la innovación, de modo que en ocasiones se dirigen hacia áreas consideradas estratégicamente relevantes, o pueden tener como objetivo fomentar la especialización industrial para mejorar la posición de las empresas en determinados mercados. Ejemplos de este tipo de programas son SEMATECH, dirigido a la industria de semiconductores en USA, TOTEK, dirigido a la industria alimenticia en Dinamarca, y proyectos dirigidos a áreas concretas en Alemania e Islandia.

--En países pequeños el esfuerzo en ocasiones se encamina al fomento de la innovación de relevancia comercial a partir de un proyecto base, frecuentemente otorgando un tratamiento preferencial a las pequeñas y medianas empresas. Existen acciones de este tipo, por ejemplo, en Irlanda, Islandia, Noruega, Canadá, Nueva Zelanda y Francia. En este último país se aplican medidas de este tipo para fomentar la I+D+I en la industria electrónica.

--Programas que tratan de incentivar la cooperación en investigación entre empresas y sector público, más allá de las relaciones entre empresas y universidades. Los más significativos se encuentran en USA, por ejemplo, los CRADA (*Cooperative Research Development Agreements*).

### **3.1. Aspectos macro y microeconómicos de las subvenciones a la I+D**

El equilibrio en el gasto en I+D se consigue cuando se igualan rendimiento marginal de la inversión en I+D (decreciente) y coste marginal (creciente). Las subvenciones públicas a la I+D pueden afectar tanto al rendimiento de la inversión como a su coste. De ahí la repercusión de este instrumento de política tecnológica. Algunos de sus efectos son:

--Los subsidios directos a la I+D y el reparto de costes con instituciones públicas pueden conseguir incrementar la rentabilidad de los proyectos de inversión al ser asumidos parte de los costes por dichas instituciones en lugar de la empresa.

--El efecto de la financiación pública también puede concretarse en una reducción de los costes marginales, por ejemplo en el caso de empresas que comienzan a realizar actividades de I+D y gracias a ella pueden acceder a financiación externa en mejores condiciones, al suponer la obtención de financiación pública una señal de que la inversión es menos arriesgada.

--Los subsidios pueden propiciar el aprendizaje y cualificación al poner a las empresas en contacto con los últimos avances en el conocimiento científico y tecnológico, mejorando de ese modo la eficiencia en otros proyectos de inversión.

--Los subsidios pueden facilitar la adquisición de medios de investigación duraderos y contribuir a financiar los elevados costes fijos de la formación de equipos de investigación especializados. De ese modo las empresas pueden encontrarse en disposición de llevar a cabo futuros proyectos de I+D por sí mismas con costes incrementales más bajos, con lo cual sus tasas de rendimiento interno se incrementarían.

--Los contratos de I+D+I con el gobierno, al suponer una demanda futura por parte del sector público pueden elevar las tasas de rendimiento esperadas. Este tipo de contratos es frecuente, por ejemplo, en áreas como la aeroespacial y la defensa, áreas en las que además las aportaciones públicas permiten superar los elevados costes iniciales.

Con todo, si el objetivo es incrementar el gasto en I+D, el impacto de las subvenciones depende de la elasticidad de las funciones de coste y rentabilidad marginal. Además de eso, estas funciones pueden modificarse, con lo que se complica el problema de su identificación.

Por otra parte, la presencia de incentivos públicos también presenta inconvenientes:

--La financiación puede limitarse a sustituir la inversión que las empresas hubieran realizado.

--Las tasas de rendimiento interno de las empresas que no reciben subvención pueden verse reducidas como consecuencia de que otras empresas en el mismo sector sí las reciban, lo que colocaría a éstas últimas en una posición ventajosa.

--Las empresas que no establezcan contratos con el sector público podrían anticipar que las instituciones públicas pueden tener incentivos para diseminar los resultados de la innovación como un mecanismo que favorezca la entrada y la competencia en los mercados de productos

finales. Esto podría entenderse como una reducción de la rentabilidad marginal de los proyectos de I+D+I.

--Aunque la financiación pública debería dirigirse fundamentalmente hacia proyectos que el sector privado por sí mismo no llevaría a cabo, o sólo insuficientemente, las presiones por llevar adelante proyectos de elevada rentabilidad pueden provocar que se seleccionen para ser financiados públicamente proyectos con elevadas tasas de rentabilidad desde la perspectiva privada. De esta manera se produciría simple sustitución de fondos privados por públicos.

--Si las ayudas públicas incrementan la demanda de los inputs necesarios para llevar a cabo actividades de I+D, como personal cualificado, equipo especializado, etc., se puede dar una presión al alza en su coste. Esto generará efectos negativos en todas las empresas, pero su incidencia efectiva dependerá de las características de los mercados de esos inputs.

### **3.2. Valoración de los efectos de las subvenciones en la I+D empresarial**

La utilidad de las subvenciones depende de si éstas contribuyen a resolver los fallos de mercado asociados a la I+D. Lo primero que conviene determinar es si este tipo de incentivos público sustituyen o complementan al gasto privado.

Para hacerlo se suelen utilizar modelos econométricos en los que alguna variable relativa a las actividades de I+D financiadas con fondos privados se considera función de alguna medida de la financiación pública recibida. Hay que valorar el signo de la relación existente entre ambas variables y cuantificar el efecto de la segunda sobre la primera. Si el signo es positivo, se considera que ambos tipos de financiación son complementarios; si es negativo, se considera que existe sustituibilidad.

Los resultados obtenidos por los numerosos trabajos desarrollados con este objetivo, no permiten alcanzar conclusiones de índole general. Por varias razones (vid. COTEC (2000b), págs. 48 y ss.):

--Las dificultades para definir un grupo de control. Para responder a la pregunta planteada es preciso inferir cuál sería el comportamiento de las empresas que perciben subvenciones en caso de no recibirlas, y cuál sería el comportamiento en general de todas las empresas, las que reciben y las que no reciben subvenciones, en caso de no existir ese tipo de ayudas. Sin embargo, el pertenecer a un grupo u otro de empresas no es probablemente el resultado de un proceso aleatorio, por lo que la inferencia no resulta sencilla.

--Las conclusiones se obtienen a partir de las diferencias entre el comportamiento de las empresas que reciben aportaciones públicas y las que no las reciben; pero el comportamiento de estas últimas puede depender de que otras empresas sí reciban ayudas como consecuencia de la posible existencia de efectos externos positivos o negativos.

--La naturaleza de las ayudas percibidas también puede permitir explicar las diferencias en los efectos detectados. En particular, las compras públicas tienden a generar un efecto de complementariedad más acusado que las subvenciones. Cuando se hacen comparaciones internacionales entre los efectos provocados por la financiación pública de la I+D en diferentes países es importante tener en cuenta las diferencias en la composición interna de las ayudas en cada país.

--En algunos trabajos la unidad que se analiza es la empresa mientras que en otros se utilizan datos agregados para toda la industria. En este último caso el tipo de relación existente entre financiación pública y financiación privada es frecuentemente de complementariedad, cosa que no ocurre con tanta frecuencia cuando los datos utilizados presentan un menor grado de agregación.

--Para poder extraer conclusiones generales respecto a las condiciones en que la financiación pública de la I+D ejerce influencias positivas sobre las inversiones privadas, es preciso realizar un esfuerzo de modelización estructural para identificar cómo repercute la financiación pública sobre el comportamiento empresarial, y también para identificar cuáles son los factores que determinan la decisión gubernamental respecto a la concesión o no de financiación pública, así como de la cuantía de la financiación que se ha de conceder. Pocos estudios se han preocupado de realizar el análisis desde esta perspectiva, de modo que existen muy pocos trabajos en los que la estimación se encuentre fundamentada estructuralmente. En consecuencia existe una insuficiencia de especificación que dificulta la interpretación de los resultados y la comparación entre las conclusiones contradictorias obtenidas en diferentes trabajos. En definitiva, antes de realizar comparaciones entre diferentes estudios, es preciso identificar, utilizando un marco conceptual adecuado, los hipotéticos determinantes microeconómicos de la inversión en I+D por parte del sector privado, y relacionarlos para determinar las relaciones que se producen macroeconómico.

Con todo, se pueden extraer ciertas conclusiones generales respecto a los resultados obtenidos en la aplicación de los diversos programas públicos de subvenciones de la I+D:

--En términos agregados puede concluirse que las ayudas han tenido un efecto positivo moderado sobre el gasto global efectuado por las empresas.

--Se detecta la existencia de un *trade-off* entre lograr que la financiación pública incentive la financiación privada en lugar de sustituirla, y asegurar impactos económicos importantes. El resultado depende en gran medida del tipo de proyectos que se decide subvencionar (proyectos que se habrían llevado a cabo en cualquier caso frente a proyectos que no se habrían emprendido sin ayuda pública).

--Resulta difícil evaluar económicamente los beneficios de determinados programas, especialmente aquellos cuyos resultados son de más largo plazo y los que tratan de apoyar investigación precompetitiva.

--Las ayudas públicas incrementan la dimensión de los proyectos de I+D y aceleran el proceso a través del cual las inversiones en este tipo de actividades permiten obtener resultados, pero raramente reorientan los temas de investigación.

--Los programas que tratan de apoyar a grupos de empresas o que buscan fomentar la cooperación con universidades o institutos de investigación presentan un rango de beneficios más amplio que aquellos que se dirigen a empresas aisladas. Aunque no alteren excesivamente la agenda de investigación de las empresas, contribuyen a desplazar la frontera de la investigación a través del surgimiento de sinergias y la creación de lazos duraderos dentro de los sistemas de innovación nacionales.

--La competencia entre los solicitantes de los fondos también puede tener efectos positivos, incrementando la eficiencia de los programas y reduciendo el riesgo de que atraigan sólo a proyectos de investigación de segundo orden y a equipos de investigación menos cualificados.

A partir de los resultados obtenidos tanto en el aspecto microeconómico como en el macroeconómico parece que la tendencia es más favorable a concluir que los gastos públicos en I+D generan más complementariedad que efecto expulsión o sustituibilidad sobre los gastos privados. Incluso en los casos en los que la hipótesis de la sustituibilidad se muestra la más probable, cabe esperar que en el largo plazo la obtención de financiación pública tenga repercusiones positivas sobre las capacidades de las empresas que los reciben, de modo que se incentiven los gastos privados.

En un trabajo de 1999, David, Hall y Toole revisaron treinta y tres estudios al respecto (vid. COTEC (2000b), págs. 53 y 54) y llegaron a la conclusión que sólo en un tercio exacto de esos trabajos se detecta que los gastos públicos en I+D sustituyen a los gastos privados. Además, tal resultado es más frecuente cuando la unidad de análisis es la empresa y no la industria o la economía en su conjunto. Asimismo, en los estudios realizados con datos de EEUU tiende a darse con más frecuencia sustitución que en los realizados con datos de otros países.

#### *4. Comparación entre los incentivos fiscales y las subvenciones como instrumentos de política científica y tecnológica*

Tras haber expuesto los contenidos más importantes de ambos instrumentos conviene ahora compararlos, para determinar los puntos en que unos presentan ventajas sobre los otros y al revés.

Los incentivos fiscales son neutrales en el sentido de que no discriminan entre sectores o empresas. Esta característica presenta la ventaja permitir incentivar al sector privado sin interferir en el ámbito innovador al que se orienta la empresa. Pero posee el inconveniente de que desde el punto de vista social lo óptimo es promocionar aquellos proyectos de I+D en los que existe una mayor divergencia entre la rentabilidad social y privada. Dejar en manos del mercado esta elección implica que éste se decantará por aquellos proyectos con mayores tasas de rentabilidad privadas, donde probablemente esta divergencia sea menor y, por tanto, la justificación de la intervención pública será también menor. Además las subvenciones permiten concentrar recursos públicos en aquellas actividades de I+D con mayor rentabilidad social o en las que tengan un mayor impacto en el crecimiento de la productividad y competitividad.

Los incentivos fiscales, por otra parte, presentan menores costes de gestión por parte de la administración. Son las empresas las que liquidan el incentivo fiscal y no es necesario diseñar convocatorias públicas para el reparto de los fondos. Tales convocatorias requieren establecer criterios de selección de proyectos, procesos de evaluación de los candidatos, y supervisión de las ayudas concedidas. Las empresas, a su vez, también han de incurrir en costes para solicitar las subvenciones y cumplir todos los requisitos necesarios.

Asimismo, la puesta en marcha de incentivos fiscales es un proceso que presenta más incertidumbre para el sector público que las subvenciones. Aquí, la agencia pública ofrece una cantidad determinada de recursos, pero en el caso de los incentivos fiscales es difícil predecir el coste que le supondrán al sector público. En general, el ciclo económico da lugar a pautas de inversión de las empresas, o diferencias en beneficios que dificultan la predicción o control de los fondos públicos destinados a este incentivo.

Desde un punto de vista empresarial, los incentivos fiscales ofrecen mayor seguridad a las empresas ya que todas pueden aprovecharlos. Las subvenciones en cambio están expuestas a las restricciones presupuestarias impuestas por la institución financiadora y a la competencia existente para su disfrute. Ello origina que se concedan generalmente a una proporción de las empresas que las solicitan y esto lleva asociada una situación de incertidumbre hasta que no se resuelvan las convocatorias públicas. Sin embargo, los incentivos fiscales no están absolutamente exentos de incertidumbre, ya que las empresas no siempre tienen garantizada la percepción de fondos mediante los incentivos fiscales, como en el caso de no contar con los beneficios suficientes para aplicar las deducciones. Esto afecta especialmente a las empresas que necesitan en mayor medida la financiación, por ejemplo, empresas jóvenes, pequeñas, con restricciones de liquidez, etc.

Los incentivos fiscales requieren menos información acerca de las características de la empresa y del proyecto que llevará a cabo. Los problemas de información constituyen un aspecto especialmente relevante en el diseño de las subvenciones, dada la existencia de información asimétrica entre la agencia pública y la empresa. La información que suministra la empresa no

siempre es fácil de verificar por parte de la agencia pública, lo que concede incentivos para no revelar aquellos aspectos que pudieran perjudicarla. Además, la agencia pública puede tener dificultades para conocer si la empresa será capaz o si se esforzará lo suficiente para llevar a cabo con éxito el proyecto. En algunos países este problema se subsana otorgando la subvención a los resultados obtenidos, en lugar de hacerlo al gasto realizado. Los incentivos fiscales tampoco están exentos de problemas de información. El más habitual es la redefinición de otros gastos como gastos en I+D con objeto de beneficiarse del incentivo, lo que da lugar a la necesidad de definir sin ambigüedades los gastos fiscalmente deducibles.

La importancia relativa en el uso de los incentivos fiscales comparado con las subvenciones directas no es idéntica en todos los países. Algunos países como Dinamarca, Australia y Holanda recurren en mayor medida a los incentivos fiscales en relación al sistema de subvenciones. En otros, los incentivos públicos recaen en mayor medida en la financiación directa, caso de Alemania, Italia, Noruega, Suecia y Reino Unido. Un tercer grupo de países utiliza ambos instrumentos por encima de la media, caso de Canadá, Francia, España y Estados Unidos. En cambio países como Japón o Suiza utilizan ambos instrumentos en menor medida.

##### *5. Las compras públicas como instrumento de política científica y tecnológica*

Las compras públicas se producen cuando alguna de las instituciones que pertenecen al sector público adquiere bienes o asegura la construcción de obras y edificios para garantizar su propio funcionamiento o para destinarlos al uso público. En la mayoría de países, las compras públicas están sujetas a una estricta regulación y generalmente se realizan mediante concursos a los que las empresas pueden concurrir y en los que se especifican las características que debe cumplir el bien o servicio en cuestión<sup>196</sup>.

Ciertas funciones del sector público --defensa, sanidad...-- requieren habitualmente la adquisición de bienes con un elevado contenido tecnológico y con un alto grado de especificidad. Por esta razón, los gobiernos utilizan las compras públicas para aumentar las capacidades tecnológicas de las empresas. Así, las compras públicas como herramienta de política tecnológica adquieren una importancia difícil de exagerar, sobre todo en aquellos sectores en los que la demanda pública supone un porcentaje importante de la demanda total.

La justificación tradicional del efecto positivo de las compras públicas sobre la innovación se basa en la teoría del empuje de la demanda, que Schmookler estudió en profundidad. Desde este punto de vista, el aumento de la demanda del sector público incentiva a las empresas a aumentar su esfuerzo innovador.

---

<sup>196</sup> Un estudio monográfico sobre las compras públicas, teórico y aplicado, es Molero y Marín (dir.) (1998).

Las compras públicas pueden también aumentar la demanda de tecnologías avanzadas, acelerando su desarrollo y su aplicación. Junto a ello, las aplicaciones tempranas de las nuevas tecnologías en el sector público aportan una cantidad considerable de información sobre sus características.

Pero para que se produzcan estos efectos beneficiosos es necesario que la administración conciba la compra como instrumento de política tecnológica.

En muchos países el sector público controla o ha controlado las principales empresas en algunos sectores estratégicos, como el de las telecomunicaciones, el aeronáutico o el eléctrico. Este control se ha aprovechado para tratar de aumentar las capacidades tecnológicas del país mediante las compras públicas. En la mayoría de ocasiones, este tipo de políticas va acompañado por restricciones a la competencia de las empresas extranjeras y por el pago por parte del sector público de una prima al comprar bienes de equipo a las empresas nacionales. Además, en diferentes sectores han surgido acuerdos internacionales de colaboración, generalmente propiciados por los gobiernos, que sirven a las empresas nacionales para adquirir capacidades tecnológicas de las que no se dispone en su país, frecuentemente a través de los denominados programas de compensación. A cambio, las empresas extranjeras pueden acceder al mercado nacional.

El grado de competencia para la obtención de los contratos condiciona el éxito de la política de compras públicas. Por ejemplo, en Japón y Estados Unidos se ha dado un comportamiento diferente al producido en Europa, donde la estrategia de compras públicas se ha centrado tradicionalmente en una empresa o en un grupo muy reducido de ellas para proveer al sector público de tecnologías avanzadas. La falta de competencia entre los productores internos unida a las restricciones a las importaciones ha provocado que las compras públicas no hayan sido efectivas para aumentar las capacidades tecnológicas de estas empresas que teniendo asegurada en gran medida la demanda pública tienen incentivos para concentrar sus esfuerzos en aumentar su capacidad de influencia.

Las compras públicas funcionan de una manera parecida a una subvención a la I+D en la que existe un compromiso de compra posterior por parte del sector público. En el caso de las subvenciones, el sector público entrega una cantidad de dinero a las empresas para que realicen actividades de I+D cuyos resultados son comercializados posteriormente en el mercado. En cambio, en el caso de las compras públicas es el sector público el que adquiere el producto, cuyo precio incluye una prima que compensa a la empresa por los costes de la etapa de investigación y desarrollo. Sin embargo, las compras públicas premian los resultados de las actividades de I+D, mientras que para la concesión de una subvención éstos no son necesarios. Además, en el caso de las compras públicas el comprador define las características que debe tener el producto final, por lo que el resultado depende fuertemente de la interacción entre la oferta y la demanda.

Existen efectos positivos de las compras públicas que permiten aumentar los beneficios marginales esperados de los proyectos de I+D. En primer lugar, los contratos públicos aumentan la eficiencia de las actividades de I+D de la empresa, dado que contribuyen al aprendizaje y a la formación de los trabajadores, a la reducción de los costes y al aumento de la capacidad de absorción de nuevos conocimientos y tecnologías. Por otra parte, el contrato entre una empresa privada y el gobierno actúa como una señal para el mercado, ya que la decisión de adquirir el producto puede mejorar la percepción sobre su calidad e indicar posibles aumentos en su demanda, tanto pública como privada, en el futuro, por lo que puede aumentar el rendimiento esperado de las inversiones. Por último, estos contratos permiten que las empresas cubran, al menos en parte, los costes fijos al iniciar la actividad. Una vez se ha incurrido en ellos, las empresas pueden continuar con la producción y obtener beneficios. La suma de estos efectos positivos debería suponer que los contratos del sector público generaran I+D privado adicional. Pero se pueden producir asimismo efectos indirectos negativos. Por ejemplo, la concesión del contrato a una empresa aumenta sus probabilidades de conseguir una innovación comercializable, pero reduce la rentabilidad esperada de las inversiones de sus competidores más directos, lo que puede constituir un desincentivo para sus actividades innovadoras.

La evidencia empírica del efecto de las compras públicas sobre la innovación es poco abundante y se centra principalmente en algunas industrias de Estados Unidos, mayormente en la de la defensa. En uno de los primeros estudios sobre este tema, del año 1966, Hamberg concluyó que los contratos del gobierno están relacionados positivamente con el gasto privado en I+D en seis de los ocho sectores incluidos en su estudio. Otros estudios posteriores --años ochenta-- de Levy y Terleckyj y de Lichtenberg han llegado a la conclusión de que las compras públicas estimulan la realización de I+D por parte del sector privado. Lichtenberg señaló que la competencia entre diferentes empresas por los contratos públicos tiene un efecto particularmente significativo sobre sus incentivos para realizar actividades de I+D, incentivos que utilizan para mostrar su capacidad como proveedor del Estado. Sin embargo, en el caso de los contratos no competitivos los resultados no indican la existencia de efectos sobre las actividades innovadoras de las empresas. Así, los efectos de la política de compras públicas dependen mucho del diseño de los concursos (vid. COTEC (2000b), pág. 63).

#### *6. Las patentes como instrumentos de política científica y tecnológica*

Una patente es un documento, emitido por una agencia estatal autorizada, que otorga el derecho de excluir a cualquier otro de la producción o utilización de un nuevo mecanismo, aparato, o proceso durante un número de años establecidos, normalmente veinte. El derecho se otorga al inventor de este mecanismo o proceso después de un examen que se centra tanto en la novedad del invento como en su utilidad potencial. El derecho asociado a la patente puede ser

asignado por el inventor a alguien diferente, y/o vendido o cedido con licencia para que lo utilice otra persona. Este derecho puede hacerse valer sólo mediante la amenaza potencial de una demanda judicial en los tribunales reclamando daños por la infracción. El propósito declarado del sistema de patentes es incentivar la invención y el progreso técnico, proporcionando un monopolio temporal para el inventor.

Pero las empresas no siempre acuden a este instrumento para proteger los resultados de sus investigaciones, puesto que no todas las innovaciones son técnicamente patentables ni todas las empresas patentan siempre sus innovaciones. De hecho, se ha observado que la propensión a patentar difiere entre diferentes empresas o sectores. Hay empresas que prefieren mantener sus innovaciones en secreto antes que patentarlas, aunque hay sectores que presentan una alta tendencia a patentar. Parece que, en términos agregados cuanto mayor sea la inversión en I+D en un sector dado, mayor es la probabilidad de observar una mayor propensión a patentar.

En el caso de las innovaciones no patentadas, éstas conllevan rendimientos para sus inventores al menos por un cierto período de tiempo. Los imitadores requieren un cierto tiempo para actuar, pudiendo darse el caso de que no tengan el modo de copiarla de forma inmediata. Algunas empresas consideran poco útil el sistema de patentes, ya que el ciclo de vida de un nuevo producto es menor que el tiempo requerido para que la patente sea aprobada, que está en torno a los tres años.

Una cuestión que surge al estudiar los temas relacionados con las patentes es el de la duración óptima de la misma. La razón estriba precisamente en que la patente impide lo que sería óptimo desde un punto de vista social: que las innovaciones fueran libremente conocidas y utilizadas, aunque, de ser así, los inventores no tendrían incentivos debido al problema de la inapropiabilidad.

En Nordhaus (1969) se estudia teóricamente la duración óptima de una patente, partiendo de la maximización del excedente total que se genera a partir de una innovación de proceso. El resultado obtenido indica que la duración óptima dependerá del coste de obtención de la patente, de la elasticidad de demanda del producto y del tipo de descuento. Cuanto menor sea la elasticidad precio del bien producido por la empresa, mayor debe ser la duración de la patente. De la misma manera, cuanto mayor coste haya requerido una innovación, el período de protección debería ser más largo. Este modelo justifica la necesidad de diseñar distintos tipos de patentes para innovaciones de diferentes características.

Otros autores consideran que además de la duración de la patente hay que tener presente su alcance, especialmente cuando se trata de innovaciones básicas, que inducen a la aparición de otras innovaciones a partir de mejoras o aplicaciones de la primera y que también son patentables.

Otro aspecto importante relacionado con las patentes es lo que se ha denominado carreras de patentes. Si las empresas que buscan invenciones similares compiten para ser las primeras en

patentar se pueden realizar una sobreinversión en I+D. Al final, sólo patentará una empresa, perdiéndose parte de la inversión de las “perdedoras” en la carrera. La política tecnológica puede paliar este problema fomentando la cooperación entre empresas. Esto es mejor solución que estimular el gasto en I+D.

### **6.1. Los sistemas de patentes: diferencias internacionales y las patentes internacionales**

Aunque los sistemas de patentes de los países europeos están prácticamente homogeneizados, existen diferencias con respecto al Japón o los EEUU. Las diferencias afectan a los procedimientos administrativos para la concesión, a la definición del titular de la patente, a las instituciones públicas encargadas de la gestión, a la duración, etc.

Con respecto a la titularidad de la patente existen dos mecanismos alternativos de concesión. En la mayoría de los países de la OCDE el titular de la patente es quien primero la solicita. Por contra, en Estados Unidos se concede la patente al primero que obtiene la invención. Este sistema implica que el derecho de monopolio recae sobre el que ha obtenido la innovación por primera vez.

Sobre la revelación del contenido de las patentes, en Estados Unidos las solicitudes de patentes se consideran información confidencial hasta que la patente es concedida, por lo que en caso de no concesión la solicitud no se llega a hacer pública. En Europa y Japón esta información se publica transcurridos 18 meses desde la solicitud de la patente.

El coste de obtención y mantenimiento de las patentes posee asimismo diferencias. El coste de patentar supone un pago fijo y resulta proporcionalmente más costoso para las pequeñas y medianas empresas. Para compensar esto, en Estados Unidos, por ejemplo, se reducen las tasas de patentes registradas por PYMES. Los costes de obtener una patente son más altos en Europa que en países como Estados Unidos o Japón, aunque en todos los países el coste de mantenimiento es creciente en el tiempo.

La duración de la patente es variable en función de los países. En Europa es de 20 años, en EEUU, 17. En España, los modelos de utilidad duran 10 años.

Se puede optar por tres vías para patentar internacionalmente una invención: a) vía nacional, patentando país por país donde se desee obtener el derecho de patente; b) vía europea, mediante la solicitud de la patente europea directa con designación de aquellos estados europeos en que se quiere obtener protección, que es preciso que estén integrados en el Convenio Europeo de Patentes (19 países en 1998). La patente europea es tramitada por la Oficina Europea de Patentes --creada después de la Convención Europea de Patentes en 1973-- y la concesión produce el efecto de una patente nacional en cada uno de los estados para los que se otorga; c)

vía internacional, que permite, mediante la denominada solicitud internacional, proteger en todos los estados que han suscrito el *Patent Cooperation Treaty* (PCT) y que son unos cien.

Existen asimismo otras vías internacionales, como las de las dos oficinas africanas y la Euroasiática, cuya sede está en Moscú. Pero entre la Oficina Europea de Patentes y las nacionales de EEUU y Japón se cubre cerca del 85 % de las patentes registradas en todo el mundo.

## **6.2. Una evaluación de los resultados empíricos sobre patentes**

Al relacionar el gasto en I+D con el número de patentes registradas se ha observado que ese ratio ha ido declinando en las últimas décadas a nivel agregado. Se ha explicado ese comportamiento por varias razones. Así, se ha considerado que el gasto en I+D ha visto reducir su productividad al reducirse las oportunidades tecnológicas. Otra razón es que las patentes han incrementado su valor: cada vez es preciso incurrir en más gastos en I+D para obtener una patente. Además, los costes de registro han ido creciendo, constituyendo un desincentivo para la patente de las invenciones

Se han realizado trabajos econométricos para relacionar el gasto en I+D y las patentes obtenidas. Estos trabajos suelen demostrar la correlación positiva entre ambas variables.

Una cuestión importante que surge cuando se analizan las patentes tiene que ver con el uso del número de patentes --solicitadas o registradas-- como medida de los resultados del esfuerzo en I+D, como se suele hacer. Este proceder plantea sus problemas, por cuanto no todas las invenciones se patentan. Por eso, existen trabajos que analizan la propensión a patentar, es decir, la proporción de invenciones que efectivamente se patentan. Estos trabajos sugieren que esta propensión varía de forma sustancial según el sector de actividad o el tipo de innovación. En un trabajo de 1998 basado en datos de grandes empresas europeas, Arundel y Kabla señalan que la propensión a patentar innovaciones en producto presentan una media del 35,9%, aunque en el sector textil alcanza solamente el 8,1%, mientras que en el sector farmacéutico este porcentaje se sitúa en el 79,2%. En el caso de innovaciones de proceso, la media se sitúa en torno al 25%, con una variabilidad desde el 8,1% en el sector textil hasta un 46,8% en el sector de instrumentos de precisión. Las propensiones medias a patentar son relativamente más altas en las empresas americanas, quizá debido a los menores costes de patentar.

Las diferencias entre sectores siguen una pauta similar tanto en las empresas americanas como europeas; sectores como el farmacéutico, químico o maquinaria presentan una mayor propensión a patentar, debido principalmente a que el coste de imitar una innovación es relativamente menor que el coste de la invención. Por el contrario, en otros sectores como el aeroespacial, las patentes tienen un menor efecto en la protección de los resultados de la innovación, ya que la complejidad de los productos los hace costosos de imitar.

Además del estudio de la propensión a patentar, otro problema es el del valor económico-tecnológico de la patente, porque hay patentes que registran procesos de I+D altamente complejos y con un impacto económico superior que otras invenciones más modestas. La cuestión del valor de la patente también tiene su influencia cuando se plantea la cuestión de la cesión del derecho a un tercero.

Una forma de valorar implícitamente la patente es evaluar la decisión de pagar o no el precio de renovación de la patente. Las tasas de renovación de las patentes es creciente en el tiempo: por ejemplo, en España una renovación en el tercer año cuesta tres mil pesetas y la renovación para el vigésimo y último año cuesta ochenta mil. Una empresa renovará sólo si los costes son inferiores a los beneficios que ello le ha de reportar. Los resultados muestran que el valor de las patentes varían mucho entre sectores y países.

Otros trabajos intentan determinar qué empresas poseen una mayor probabilidad de cumplir los requisitos de patentabilidad de sus innovaciones. Van Dijk y Duysters, en un trabajo de 1998, concluyen que las empresas que realizan en mayor medida investigación básica tienen más éxito a la hora de patentar las innovaciones que aquellas empresas que se centran en la investigación en desarrollo. Ernst, en el mismo año, obtiene que las empresas que invierten una mayor proporción de sus gastos totales en I+D en investigación obtienen patentes más valiosas.

### *7. Las políticas de difusión de la tecnología*

Ya se indicó en el capítulo dedicado a las teorías de la difusión de la tecnología la importancia de esta fase del proceso tecnológico, por cuanto de él dependen la extensión de los beneficios ligados al progreso técnico, ya afecte éste a bienes de consumo o de inversión.

Las empresas pueden demorar la adopción de una nueva tecnología por diversas razones, como la falta de información acerca de las tecnologías disponibles, o que la incorporación de ésta genere importantes costes de aprendizaje. También pueden faltar los medios técnicos para incorporar la tecnología. Estas y otras razones justifican la intervención del sector público como promotor de acciones favorecedoras de la difusión.

Los instrumentos públicos de difusión de tecnología se han centrado en programas de información y conexión entre oferta y demanda de tecnología, y en mejorar la capacidad de las empresas para adaptarse a los cambios que suponen las nuevas tecnologías.

Las empresas e industrias que utilizan tecnologías avanzadas y adoptan un comportamiento innovador tienen crecimientos del empleo y productividad por encima de la media. Los gobiernos de la OCDE se centran en los programas de difusión de tecnologías como un elemento clave en la creación de empleo. En general, las políticas macroeconómicas, la flexibilidad de los mercados de trabajo y productos no parecen suficientes para crear las condiciones necesarias para identificar y adaptar adecuadamente las nuevas tecnologías.

Por otra parte las empresas y los individuos pueden no ser lo suficientemente flexibles para incorporar nuevas tecnologías. Así, los programas de difusión de tecnología están orientados no solamente a la disseminación de la tecnología y el conocimiento, sino también a incrementar la capacidad de identificar, absorber e incorporar tecnologías en el largo plazo.

Los programas de difusión de tecnología han evolucionado considerablemente en sus contenidos desde las pasadas décadas, ampliando los objetivos y los instrumentos empleados. Durante los años setenta la difusión de tecnología se ha centrado en la transferencia de resultados de proyectos de investigación realizados en el ámbito público hacia las industrias. Para este fin, muchos países de la OCDE establecieron bancos de datos, agencias de transferencia de tecnología, etc. Durante los años ochenta los esfuerzos iban dirigidos a la disseminación de tecnologías avanzadas específicas (microelectrónica, diseños por ordenador, CAD/CAM, etc.) en las manufacturas. En los noventa, la mayor atención se presta en superar a los obstáculos internos y en la difusión tecnológica en el ámbito empresarial.

La OCDE ha identificado varios tipos de programas e iniciativas gubernamentales encaminadas a promocionar la difusión de tecnología, atendiendo a los fines que persiguen (vid. COTEC (2000b), pág. 90): a) programas que mejoran la adopción y adaptación de tecnologías específicas; b) programas que pretenden mejorar la capacidad de recepción de tecnología de las empresas, como proyectos de asistencia técnica, información sobre redes, etc.; c) programas que fomentan la capacidad de innovación de las empresas.

En el siguiente cuadro se ensaya una posible tipología de programas e iniciativas de difusión de las tecnologías (ibídem, pág. 91).

	Fines	Tipo de programas	Objetivos
Nivel 1	Estimular la adopción y adaptación de tecnologías específicas	Tecnológico	Difundir una tecnología específica entre un amplio número de empresas y sectores
		Institucional	Promociona la transferencia de tecnología desde instituciones específicas
		Sectorial	Difusión de tecnología hacia un sector industrial específico
		Demostración	Demostración de la implementación práctica de las tecnologías

Nivel 2	Mejorar la capacidad receptora de la tecnología en las empresas	Asistencia técnica	Asistir a empresas en el diagnóstico de las necesidades tecnológicas y en la resolución de problemas
		Redes de información	Acceso a información sobre las fuentes tecnológicas
		Asistencia para proyectos de I+D a pequeña escala	Crear capacidades para el desarrollo tecnológico autónomo
Nivel 3	Impulsar la capacidad de innovación de las empresas	Planificar tecnologías sectoriales	Planificación sistemática para inversiones futuras en tecnologías estratégicas
		Instrumentos de diagnóstico	Asistencia a las empresas para desarrollar innovaciones orientadas a la dirección
		<i>Benchmarking</i>	Transmitir las mejores prácticas
		Colaboración universidad / industria	Mejorar el conocimiento básico de la empresa

Las políticas de difusión de la tecnología también pretenden fomentar la transferencia de tecnología desde el sector científico al empresarial. Los países de la OCDE mantienen numerosos instrumentos e instituciones agrupados en la expresión *infraestructura de difusión tecnológica*, expresión que incluye subsidios, centros de transferencia de tecnología, servicios de extensión tecnológica, oficinas de patentes, oficinas de transferencia de tecnología universitarias, sistemas de redes, etc. A partir de las experiencias de un grupo de países de la OCDE, se realiza otra clasificación de los programas de difusión con un enfoque operacional, según el cual se distinguen cuatro tipos, como muestra el cuadro adjunto (o.c., pág. 92).

Tipo de programa	Objetivos	Ejemplo
Programa de oferta	Transferencia de tecnología desde la investigación básica realizada por el sector público hasta el sector productivo	Canadá: <i>Canadian Space Agency's Space Station Program</i>
Programas de demanda	Transferir tecnologías que cubran las necesidades específicas de las empresas	Noruega: Desarrollo industrial a partir de nuevas tecnologías
Construcciones de redes	Desarrollar instituciones y sociedades que promuevan los flujos de tecnología	Holanda: centros regionales de innovación holandeses

Construcción de infraestructura	Actualizar la infraestructura tecnológica en el ámbito regional y nacional	Corea: los centros de investigación regional
---------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

Se puede decir que todos los países presentan diseños de política que incluyen los cuatro enfoques.

La OCDE ha realizado determinadas recomendaciones en materia de políticas de difusión a partir de las experiencias de diferentes países, que incluyen contenidos tales como el empleo y desarrollo de la experiencia de los consultores; la promoción de una cultura innovadora en las empresas; el favorecimiento de la presencia local de alguna institución que permita una cercana y próxima interacción con las empresas; la insistencia en evitar la duplicación de recursos coordinando los diferentes tipos de instituciones y servicios; el mantenimiento de la proximidad con grupos industriales y asociaciones; y el aseguramiento de la estabilidad de las políticas llevadas a cabo.

En las políticas de difusión de tecnología las pequeñas y medianas empresas se enfrentan a desventajas importantes, porque las grandes empresas, a diferencia de las pymes, disponen de recursos necesarios para innovar. Esto justifica una mayor atención a estas empresas con más problemas. Las políticas de difusión requieren con respecto a las pymes de ciertos capítulos específicos el estímulo de la demanda a partir de dar a conocer a las empresas las nuevas oportunidades tecnológicas y sensibilizarlas al respecto; la potenciación de la capacidad de adopción a través de medidas que faciliten la contratación de técnicos e ingenieros; la ruptura del aislamiento favoreciendo las interacciones con proveedores, la participación en redes, foros, etc.; el proporcionamiento de servicios de apoyo localmente próximos a las empresas, especialmente a nivel local o regional.

#### *8. La cooperación en actividades de I+D como instrumento de política tecnológica*

Existen diversas razones que apoyan la idea de la cooperación en actividades tecnológicas: incrementar la apropiabilidad de los resultados de las actividades de I+D; el aprovechamiento de los efectos externos ligados a las actividades de I+D; el aprovechamiento de las economías de escala en dichas actividades; permitir abordar determinados proyectos que por su dimensión una sola empresa tendría más dificultades en emprender. Con todo, la cooperación puede afectar al grado de competencia en el mercado permitiendo estructuras de mercado menos competitivas. Es importante valorar los efectos externos de las actividades de I+D. Cuantos más altos sean éstos más justificada estará la realización de acuerdos de I+D entre empresas.

La cooperación en I+D asimismo permite aprovechar economías de escala y diversificar riesgos. Se puede evitar duplicaciones y favorecer la difusión de los resultados de la innovación y

conseguir economías de intercambio relacionadas con las transacciones de adquisición de información.

Las empresas suelen preferir las alianzas tecnológicas cuando la incertidumbre tecnológica es elevada y la experiencia realizando alianzas también lo es. Por el contrario, la incertidumbre sobre la demanda, la especificidad de los activos y la incertidumbre sobre el rendimiento actúan en la dirección contraria. Pero también puede apreciarse un problema de selección adversa si las empresas prefieren controlar los proyectos más provechosos y cooperar en proyectos con menor potencial.

Un problema que surge con la cooperación en materia de I+D entre empresas es si ésta sustituirá o complementará a la que siguen realizando las empresas individualmente. Existen opiniones en todos los sentidos (vid. COTEC (2000b), pág. 103), pero cabe esperar un efecto de complementariedad entre la I+D propia y los acuerdos de cooperación, en la medida en que estos últimos incrementan la apropiabilidad de los resultados de la I+D de la empresa.

Un caso particular de cooperación y que afecta a la política tecnológica es la cooperación entre agentes públicos y privados. En los últimos años se han producido muchas iniciativas que pretenden la cooperación entre agentes públicos y privados. Por ejemplo, los Programas Marco de la Unión Europea. Este tipo de cooperación presenta ventajas: permite llevar adelante proyectos conjuntos en áreas en las que existe interés común pero insuficiencia de capacidad e incentivos para actuar eficientemente de forma separada; los socios proporcionan varios tipos de recursos, además de los financieros, como personal cualificado y medios para la investigación; estas prácticas constituyen un marco institucional genérico muy útil en el ámbito nacional y un punto de referencia e instrumento de aprendizaje a nivel internacional; existe la posibilidad de que se logre mejorar la vinculación entre la I+D básica y la orientada hacia el mercado en beneficio de ambas.

En comparación con las políticas de subsidios directos a la I+D, este tipo de cooperación permite una selección más competitiva de los participantes privados, incrementa la influencia del sector privado en la selección y dirección de los proyectos y permite una mayor incidencia de los fondos públicos sobre la inversión privada. En ese sentido, los acuerdos institucionales y contractuales en la cooperación pública-privada deben asegurar que se escojan los mejores proyectos; se seleccionen los mejores socios privados; se alcance un reparto óptimo de costes, riesgos y recompensas entre los socios públicos y privados, evitando gastos públicos innecesarios; se desaliente el comportamiento oportunista, de modo que todos los participantes aporten la cantidad y calidad de recursos necesaria.

Un caso particular importante de este tipo de cooperación es la internacional. Los gobiernos pueden incentivar la cooperación mediante programas cuyo objetivo explícito sea fomentar la cooperación entre participantes de varios países. Por ejemplo en ciencia básica, cuyos objetivos pueden fácilmente exceder los intereses de un país y cuyos costes pueden ser muy

elevados. Por otra parte, en actividades de investigación más próximas al mercado existen los Programas Marco y EUREKA, de ámbito europeo.

### 9. La regulación sobre las nuevas empresas de base tecnológica

En este apartado se tocará un tema que pertenece al estudio de la regulación, entendiendo por tal el conjunto de políticas de que se vale la autoridad pública para supervisar la actividad del mercado y el comportamiento de los agentes privados en el mismo. La OCDE dedicó en 1996 un informe a las relaciones entre innovación y regulación. Esta institución distingue tres tipos de regulación: económica --encaminada a mejorar la eficiencia de los mercados--, administrativa --cuyo objetivo es supervisar el funcionamiento práctico de los sectores público y privado-- y social --cuyo objetivo es proteger el medio ambiente y la seguridad y sanidad de la sociedad en su conjunto. Como se ve, cualquiera de estas consideraciones influyen y son influidas por el progreso tecnológico, ensanchando enormemente el campo de estudio de la influencia de la regulación.

En este capítulo me ceñiré al estudio de las relaciones entre regulación y las nuevas empresas de base tecnológica. Entre los rasgos definitorios de estas empresas está su contribución al crecimiento de las economías de determinados países como los Estados Unidos; su crecimiento en términos de ventas, empleo o exportaciones; su capacidad para incorporar tecnologías de futuro, con las consiguientes oportunidades de empleo; su papel estratégico en los sistemas nacionales de innovación a la hora de favorecer la transferencia de tecnología, etc.

Con todo, no hay una definición precisa de este tipo de empresas. Existen unas acepciones más amplias y otras más restringidas del significado de la expresión *nueva empresa de base tecnológica*. Ciertos autores consideran que dicha expresión debería sólo aludir a empresas en la vanguardia tecnológica. Así, este tipo de empresas serían empresas de propiedad independiente y basadas en la explotación de una invención o innovación tecnológica que implica riesgos tecnológicos sustanciales. Se trataría de empresas de cuya actividad se deriva la aparición de nuevos sectores de actividad.

Entre las conceptualizaciones más amplias de la expresión están aquéllas que incluyen las nuevas empresas de pequeño y mediano tamaño establecidas en sectores de alta tecnología, entendiendo por tales aquéllos cuyos gastos en I+D sobre ventas son superiores a la media o que emplean proporcionalmente más ingenieros y científicos cualificados que los demás.

Una característica importante de las nuevas empresas de base tecnológica está en que mejoran las interacciones del conocimiento dentro de los sistemas nacionales de innovación. Esto puede observarse a partir de su participación en los flujos de conocimiento interempresa, su implicación en sociedades y la importancia de los *spin-offs* (creación de una nueva empresa por personal de una empresa ya existente) y *spin-outs* (creación de una nueva empresa por personal de un centro público de investigación, también llamado *spin-off* universitario). Las nuevas

empresas de base tecnológica pueden conectar grandes centros de conocimiento, como universidades y centros de investigación, con empresas de sectores tradicionales.

Las asociaciones entre empresas grandes y nuevas empresas de base tecnológica --a veces con la participación de centros públicos de investigación-- ofrecen ventajas para todos sus integrantes. Las empresas de base tecnológica salen ganando porque pueden acceder a recursos de gestión, financieros y técnicos y a canales de comercialización, muy difíciles de conseguir de otra manera. Las empresas grandes, por su parte, pueden ver ampliar sus oportunidades de negocio sin tener que apartarse de su producción principal. Para estas empresas, cooperar con empresas de base tecnológica puede convertirse en una alternativa a la inversión directa o a la adquisición de empresas, especialmente cuando se desea la internacionalización.

Por consiguiente, si se desea aprovechar las potencialidades de las nuevas empresas de base tecnológica, la regulación que se les aplique debe tomar en consideración sus particularidades.

La legislación puede incidir negativamente sobre el nacimiento y desarrollo de empresas de base tecnológica por diferentes caminos (op. cit., págs. 128 y ss).

En primer lugar, los trámites administrativos necesarios para la constitución y puesta en marcha de una empresa suponen unos costes elevados que frenan la aparición de nuevas empresas. Se trata de costes tanto en términos monetarios como de tiempo de gestión administrativa.

En segundo lugar, el sistema impositivo y el derecho concursal alteran los mecanismos de retribución del riesgo, especialmente para un tipo de empresas que opera con márgenes de riesgo e incertidumbre altos.

En tercer lugar, la existencia de una política de la competencia laxa puede dificultar la creación y el crecimiento de empresas de base tecnológica de pequeña y mediana dimensión que se enfrentan a grandes empresas con mayor poder de mercado. Las estrategias predatorias de las grandes compañías exacerban estos problemas. Ante esta situación, el riesgo de incurrir en costes judiciales elevados puede constituir una barrera de entrada al mercado.

En cuarto término, los costes y retrasos para obtener los derechos de propiedad industrial sobre nuevas ideas afectan a la probabilidad de que éstas sean comercializadas de forma inmediata.

En quinto lugar, la regulación puede obstaculizar la existencia de vínculos entre las pymes y el sistema público de I+D, al desincentivar o prohibir la colaboración de investigadores públicos o profesores universitarios con el sector privado. La ausencia de mecanismos que faciliten que un investigador del sistema público se pueda incorporar a iniciativas de *spin-offs* o *spin-outs*, o que un investigador del sector privado acceda al mundo universitario o trabaje para el gobierno, entorpecen la movilidad de un entorno a otro.

En sexto lugar, las nuevas empresas de base tecnológica son especialmente sensibles a las regulaciones que controlan el acceso al capital-riesgo como vía alternativa de financiación, en particular a las que establecen el tipo de inversor elegible para constituir fondos de capital-riesgo. En algunos países se prohíbe o desestimula el papel como inversores de los fondos de pensiones, las compañías de seguros u otras instituciones. En otros países la legislación afecta a las responsabilidades de las partes de la sociedad inversora, lo que puede desincentivar la inversión institucional en este tipo de fondos. Estas restricciones, si bien tratan de salvaguardar frente al impago, limitan la oferta de fondos de capital-riesgo para las pequeñas y medianas empresas.

Se ha cifrado entre 180 y 230.000 millones de euros los costes derivados en Europa del entorno reglamentario y administrativo, según el Libro verde de la innovación de la Comisión Europea, publicado en el año 1995. Como se trata de costes fijos, la incidencia de la regulación es mayor en las empresas medianas y pequeñas que en las grandes. Por otra parte, en ciertas ramas productivas, como la biotecnología, la regulación aún es más exhaustiva, dado que afecta a cuestiones sanitarias, medioambientales, etc.

Pero estos costes regulatorios no son similares a nivel internacional, puesto que en términos generales los empresarios japoneses y europeos han de asumir mayores cargas que los estadounidenses. Dentro de la propia UE se aprecia una heterogeneidad en los trámites y costes asociados por países y en función del tipo de personalidad jurídica de la empresa.

En España, por ejemplo, la creación de una empresa, el proceso de constitución y adopción de personalidad jurídica, exige al menos cinco trámites administrativos: obtención de la certificación negativa del nombre, otorgamiento de la escritura pública, pago del impuesto de transmisiones patrimoniales y actos jurídicos documentados, obtención del código de identificación fiscal e inscripción en el Registro Mercantil. Alguno más puede añadirse en función del tipo específico de empresa. Para la puesta en funcionamiento de la empresa, a los procedimientos mencionados deben sumarse más de diez trámites adicionales, que incluyen la obtención de diversas licencias municipales (obras, apertura), la inscripción en diversos registros (Registro de la Propiedad Inmobiliaria, Registro Industrial), el alta en el Impuesto sobre Actividades Económicas y el Censo, la adquisición y legalización de libros oficiales y los trámites derivados de la contratación de trabajadores (inscripción en la Seguridad Social, comunicación de apertura de centro de trabajo...).

Se han realizado diversos intentos de simplificación administrativa. Así, el *Programa de la UE para PYMES* y el *BEST: Comité de mejora y simplificación del entorno empresarial* han facilitado la creación de nuevas empresas y simplificado y mejorado su entorno empresarial. En algunos países se ha optado por la creación de ventanillas únicas donde pueden realizarse todos estos trámites, caso de Francia o el Reino Unido y/o la apertura de centros de asistencia para los trámites administrativos.

Concretamente, en España la Dirección General de Política de la PYME proporciona información a través de su página web de los trámites necesarios para la constitución y puesta en marcha de una empresa. Además, a iniciativa del Consejo Superior de Cámaras de Comercio, Industria y Navegación de España, se está desarrollando un proyecto de puesta en marcha de doce ventanillas únicas en distintas comunidades autónomas (Cataluña, Comunidad Valenciana, Baleares y Madrid). El vigente IV Plan Nacional de Investigación científica, Desarrollo e Innovación tecnológica (2000-2003) va en la misma línea de facilitar la creación de nuevas empresas de base tecnológica, mediante instrumentos fiscales y regulatorios<sup>197</sup>. En el caso español, una de las posibles explicaciones del bajo número de nacimientos de empresas de base tecnológica se encuentra en el escaso vínculo entre el tejido empresarial y el sistema público de I+D, que hace más difícil los *spin-offs* y *spin-outs*. Estudios recientes muestran que el número de empresas que colaboran con las universidades, los organismos públicos de investigación o los centros tecnológicos es reducido, aunque en los últimos años se ha observado una evolución positiva de esta colaboración manifestada por aumento de los proyectos concertados y el incremento de las actividades de las fundaciones universidad-empresa y las oficinas de transferencia de resultados de investigación. Como dato significativo, si bien en el año 1998 el porcentaje de PYMES manufactureras que mantuvo algún tipo de colaboración externa para la realización de actividades de I+D fue en torno al 70%, menos del 30% colaboró con universidades y/o centros tecnológicos (vid. COTEC (2000b), pág. 127). Al menos dos factores parecen estar estimulando en España esta escasa colaboración entre el sistema público de I+D y las empresas: por un lado, un desconocimiento por parte de estas últimas y en especial de las PYMES del potencial del sistema público de I+D como instrumento de apoyo a la innovación; por el otro, la actual reglamentación del sistema público de I+D, que hace difícil la movilidad del personal investigador entre las empresas y el sistema público de I+D, si bien los últimos planes en materia de personal investigador --cfr. los capítulos respectivos de este trabajo-- impulsados por el MCYT pretenden corregir o paliar estos problemas.

---

<sup>197</sup> En este sentido, la iniciativa NEOTEC, puesta en marcha por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, a través del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial, pretender ser un instrumento eficaz para promover la creación de empresas de base tecnológica.

## **Resumen y conclusiones de la primera parte.**

En esta sección se recapitulan los principales contenidos de la primera parte de este trabajo. Estas conclusiones son forzosamente breves y se limitan a resumir puntos desarrollados en los capítulos correspondientes, por lo que ahí debe buscar el lector la explicación detallada de las cuestiones aquí apuntadas.

--Los aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología y sus impactos sobre la economía y, en general, sobre el bienestar de los ciudadanos han visto crecer en los últimos años el interés que suscitan entre los estudiosos y entre los políticos.

--La tecnología puede caracterizarse como el conjunto de *conocimientos teóricos y empíricos que se contiene en los equipos, métodos, procedimientos, organización, rutinas y "saber hacer" de las empresas e instituciones, y que se utilizan en las actividades de producción de bienes y servicios (Buesa)*. El cambio técnico es la evolución de ese conjunto de conocimientos y prácticas.

--Una invención o invento es la primera creación de un conocimiento que puede o no derivarse de las diversas ciencias. La invención es la generación de nuevas ideas.

--La innovación tecnológica, en cambio, es la primera aplicación de la investigación en una nueva dirección con éxito comercial. La innovación tecnológica puede ser de producto o de proceso, aunque no siempre es fácil distinguirlas nítidamente. No todas las innovaciones han de tener un contenido tecnológico.

--La difusión es el proceso por el cual la innovación se extiende en el conjunto de la economía, sea porque las empresas utilizan la innovación si es un proceso o porque los consumidores utilizan el nuevo producto de consumo. La innovación es el proceso que permite que se consigan muchos de los efectos beneficiosos del cambio técnico.

--El Sistema Científico y Tecnológico de un país lo constituyen el conjunto de personas, instituciones, actividades y operaciones interrelacionadas dirigidas a generar, modificar, aumentar y difundir el conocimiento científico y tecnológico y a concebir nuevas aplicaciones de éste. Lo forman básicamente las empresas, las universidades, centros de investigación y administraciones públicas.

--Existen diversos indicadores de ciencia y tecnología: los de esfuerzo tecnológico --gastos en I+D y personal puesto a disposición de este tipo de actividades--, los de resultados tecnológicos --patentes, bibliometría, balanza tecnológica, etc.--. También resultan de importancia las estadísticas sobre el comportamiento de las empresas innovadoras, realizadas a partir de encuestas.

--La preocupación de la economía teórica por la tecnología y el cambio técnico es antigua. Los grandes maestros como Smith, Ricardo o Marx realizaron aportaciones todavía válidas al estudio de estas cuestiones. Schumpeter basó su teoría del crecimiento económico en aspectos relacionados con la innovación tecnológica y no tecnológica (proceso de "destrucción creativa").

--Dentro de las escuelas teóricas contemporáneas hay dos grandes formas de analizar el cambio técnico: la neoclásica, para la que la noción de equilibrio económico es esencial y que considera que el cambio técnico introduce modificaciones en el conjunto de la economía que obliga a los agentes a moverse hacia nuevos equilibrios siguiendo los incentivos del mercado; y la evolucionista, que parte de las ciencias biológicas y percibe el cambio en el sistema económico como generado por fuerzas que actúan dentro del propio sistema. Así, las empresas o los agentes se adaptan y evolucionan ante cambios en el medio. Estos agentes son diferentes unos de otros y el concepto de "empresa representativa", típico de la escuela neoclásica, no resulta correcto. En el evolucionismo la historia juega un papel sustancial.

--El modelo lineal del cambio técnico supone que la generación y difusión del cambio técnico es un proceso secuencial: primero se realizan las invenciones, luego las innovaciones y por último la difusión. Otros modelos posteriores han introducido ampliaciones y complejidades a esta forma de entender el cambio tecnológico, pero este modelo puede ser utilizándose como punto de partida a la hora de estudiar la economía del cambio tecnológico.

--Al estudiar los determinantes del cambio técnico, ha existido una importante discusión teórica acerca de si las fuerzas de oferta --las aportaciones realizadas por la ciencia y la tecnología-- o las de la demanda --los requerimientos de los clientes-- han impulsado la generación y difusión del cambio técnico. Algunas aportaciones modernas han conciliado ambas posturas ofreciendo modelos en los que tanto los factores de oferta como los de demanda juegan un papel importante.

--Mucho se ha escrito sobre las relaciones entre cambio técnico y empleo --o desempleo--. La teoría económica sostiene que existen fuerzas que permiten que en el caso de que el cambio técnico destruya empleo a corto plazo se pongan en marcha determinados mecanismos de

compensación que generen a medio plazo tanta o más ocupación de la que pudo destruirse. Estos mecanismos operan por la reducción de los precios y los costes, por el incremento de la demanda, por los nuevos productos que genera el cambio técnico y por el incremento en el poder adquisitivo de los trabajadores.

--Solow y otros autores señalaron la importancia del cambio técnico como factor de crecimiento. En las teorías neoclásicas del crecimiento, empero, los factores que originan el cambio tecnológico son exógenos, no quedan determinados dentro del propio modelo. La nueva teoría del cambio tecnológico, que surge en los años 80 con Romer y otros, han elaborado modelos que endogenizan el cambio técnico al hacerlo depender de factores económicos, con implicaciones para la política científica y tecnológica, como luego se comenta. Asimismo, las nuevas teorías sobre el comercio internacional también justifican una posición activa de los poderes públicos a la hora de promover la tecnología como variable de competitividad internacional.

--La teoría económica de la política científica y tecnológica moderna parte de un artículo publicado por Arrow en 1962, que demuestra que la producción de invenciones --como un caso particular de la producción de información-- está sujeta a incertidumbre, indivisibilidades e inapropiabilidad. En consecuencia surge el fallo de mercado que justifica, dentro de una aportación neoclásica dentro de la economía del bienestar, la intervención pública. Existen más aportaciones teóricas que van en el mismo sentido: las nuevas teorías del crecimiento, con su énfasis en la creación de nuevos productos y procesos y en la acumulación de capital humano como motores del crecimiento por las externalidades que presentan, o las propias visiones evolucionistas, que consideran que el sistema de innovación puede ser dinamizado por actuaciones del sector público. Dicho de otra manera, existe un consenso entre todas las grandes escuelas acerca de la justificación de la intervención pública. Otra cosa es la forma concreta de intervenir, los posibles problemas que pueda generar la intervención pública (fallos del gobierno), etc.

--Existen diversos instrumentos de intervención del sector público: la generación directa de conocimientos por parte del sector público; las subvenciones fiscales a este tipo de actividades; los subsidios o créditos blandos a las empresas innovadoras; las compras públicas relacionadas con aspectos tecnológicos; las políticas de difusión de la tecnología; el fomento de la cooperación en actividades de I+D entre empresas o entre empresas y centros públicos; los sistemas de protección de la propiedad industrial o intelectual o los sistemas de regulación que afectan por ejemplo a la creación de empresas de base tecnológica. Los países desarrollados utilizan hoy día

toda una panoplia compuesta de este tipo de herramientas para promover la ciencia y la tecnología en sus territorios.

--A pesar de las dificultades que entraña tal actividad, desde hace algún tiempo se hace hincapié en la necesidad de contar con estudios de evaluación de los impactos de la política científica y tecnológica sobre la economía --y la sociedad en su conjunto-- y para determinar si los resultados de los programas se acomodan a los objetivos planteados y si tales programas consiguen el efecto de adicionalidad, esto es, que gracias a ellos las empresas destinen fondos a actividades de innovación que de otra manera no se hubieran llevado a término. Existen diversos métodos para medir o aproximar esos impactos, como son los estudios de casos, los análisis cuantitativos basados en técnicas econométricas, contables o financieras, los cuestionarios, la consulta a expertos en la materia, las entrevistas, los estudios de indicadores relacionados con la ciencia y la tecnología, etc.