



- ◆ Trabajo realizado por el equipo de la Biblioteca Digital de la Fundación Universitaria San Pablo-CEU
- ◆ Me comprometo a utilizar esta copia privada sin finalidad lucrativa, para fines de investigación y docencia, de acuerdo con el art. 37 del T.R.L.P.I. (Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual del 12 abril 1996)

# Hacia una sistematización de la política tecnológica

RAFAEL PAMPILLON OLMEDO  
Doctor de Ciencias Económicas y  
Profesor de Política Económica  
de la Universidad de Barcelona

## 1. PROCESOS TECNOLOGICOS Y POLITICA TECNOLOGICA

Para abordar el tema de la tecnología como elemento de la política económica es necesario previamente centrar con exactitud el contenido y el alcance de diversos conceptos, relacionados de una u otra manera con los procesos tecnológicos.

La «tecnología» ha sido definida como el grupo de conocimientos que se refieren a: 1) principios generales que rigen fenómenos físicos y sociales; 2) la aplicación de estos principios a la producción, y 3) las propias operaciones de producción (1). Con carácter más restringido, debe entenderse por tecnología el conjunto de conocimientos aplicables a la producción y comercialización de bienes y servicios, basados en principios científicos pero ligados, ante todo, a preocupaciones de orden económico.

Existe, pues, una relación entre los conceptos de ciencia y tecnología. Si entendemos por Ciencia el sistema lógicamente organizado de ideas relativas al universo en general, cabría afirmar que la Ciencia pura puede estar enteramente desligada de cuestiones prácticas. Pero aun así la investigación científica se lleva a cabo en base a recursos o medios por definición escasos, por lo que la propia Ciencia ha de obedecer a imperativos de selectividad dictados por criterios económicos, sociales, culturales y políticos. Por consiguiente, en cierto modo, está siempre vinculada a la tecnología.

La naturaleza de la tecnología hace que su incidencia en el desarrollo económico tenga una importancia creciente. A título de

(1) MANSFIELD EDWIN: *The Economics of Technological change*. Ed. Nueva York, Norton, 1968.

ejemplo, la contribución de la tecnología a la formación del PNB supuso en Estados Unidos en la última década un valor doble del correspondiente al capital y trabajo juntos.

A su vez, en el caso de España, puede señalarse que durante el período 1954-1969 la mitad del crecimiento del PNB fue debido al progreso técnico (2).

La idea de progreso técnico entra de lleno en el campo de conceptos relacionados con la tecnología. Concretamente, se define como el conjunto de aquellos cambios habidos en el dominio de la tecnología que son resultado de combinar la investigación, el desarrollo y la innovación.

Analizando esta definición, veamos en qué consiste cada una de estas actividades, basándonos para ello en la distinción de la «National Science Foundation of America».

A) *La investigación básica* es la búsqueda de algún conocimiento original para el avance de la ciencia, sin pensar en objetivos comerciales específicos. Es, por tanto, una actividad de investigación no dirigida estrictamente hacia aplicaciones prácticas.

La investigación básica es la generación de conocimiento científico con la imposibilidad de aplicarlo directamente con resultados económicos. Por esto en este tipo de investigación poco se puede esperar del sector privado, que sólo busque beneficios.

La experiencia nos muestra que la acumulación de conocimiento científico básico ha sido responsabilidad casi exclusiva de las universidades, de los institutos de investigación sin fines lucrativos o de los institutos del mismo Gobierno (3).

Desde el punto de vista político, el problema a decidir es si el Gobierno debe invertir en la creación de conocimiento básico propiamente dicho, o bien en la formación de hombres de ciencia —en la universidad o fuera de ella o en ambas— capaces de absorberlo en el exterior y utilizarlo como insumo básico en la creación de conocimientos posibles de utilización económica y de investigación aplicada.

(2) J. MOLINS COBINA: «Progreso tecnológico, progreso técnico y desarrollo. Una aplicación al caso español», en *Cuadernos de Economía*, vol. I, número 1, enero-junio 1973, pág. 94.

(3) ADROALDO MOURA DA SILVA: «Tecnología nacional: Problemas y perspectivas», en *Revista de Administração de Empresas*, Río de Janeiro, junio 1974, pág. 101.

Parece que en el caso de España es mejor la segunda alternativa.

B) *La investigación aplicada* es aquella que va dirigida a descubrir un nuevo conocimiento científico para objetivos específicamente comerciales con respecto a productos o procesos. Busca, por tanto, soluciones prácticas y creativas a problemas concretos y determinados, explicitados en los objetivos de la misma investigación (4).

C) *El desarrollo* es una actividad técnica de naturaleza no rutinaria, que va destinada a trasladar el descubrimiento resultante de la investigación, u otro conocimiento científico, a un producto o proceso. Parte del conocimiento científico o técnico y se dirige hacia la introducción de nuevos productos, procesos y métodos, o a mejorar los ya conocidos, para su explotación comercial.

En Estados Unidos e Inglaterra, el mayor gasto de investigación y desarrollo lo realiza la industria privada; en cambio, en España sólo el 45 por 100 de estos gastos corresponden al sector privado y el resto al sector público (5).

La investigación y desarrollo constituye un espectro de actividades asociadas en el proceso industrial. En este contexto la investigación es orientada y dirigida hacia aplicaciones prácticas del conocimiento en contraste con la investigación básica, que se dirige al crecimiento del conocimiento científico. Desarrollo es, por tanto, el uso sistemático del conocimiento obtenido en la investigación para la elaboración de materias útiles, aparejos, sistemas, métodos o procesos, incluidos los aspectos de diseño e ingeniería de producción (6).

D) *La innovación tecnológica* es la primera aplicación de la investigación en una nueva dirección, con éxito comercial, que suele llevar aparejada la formalización de una patente. La patente es un derecho resultante de un contrato entre el Estado y el in-

(4) CHARLES KENNEDY y A. P. THIRWALL: *Survey of Applied Economics*, vol. 1, University of Kent, Canterbury, 1973, pág. 143.

(5) Véase la encuesta sobre «Actividades de Investigación científica y técnica», Patronato Juan de la Cierva, Madrid, 1970.

(6) «U. S. International Firms and R., D. & E. in Developing Countries», National Academy of Science, Washington, 1973.

ventor por el cual el Estado concede un monopolio temporal al inventor frente a la obligación de descubrir el secreto (7).

Una vez vistos los conceptos de tecnología y progreso técnico, vamos a analizar las tres etapas que marcan el camino para el desarrollo tecnológico de un país: adquisición, adaptación y explotación de la tecnología.

La adquisición y adaptación se pueden hacer a través de transferencias, o sea, la transmisión de conocimientos o métodos técnicos entre grupos de personas e instituciones. La adquisición, como incremento de la capacidad tecnológica de un país, se puede lograr también mediante investigación autónoma, o bien con la compra de tecnología extranjera. La tecnología autónoma o nacional tiene dos vías fundamentales de adquisición:

A) *La empresa*, mediante una estrategia que decida adquirir o crear una tecnología propia confiando en su futura rentabilidad; para ello ha de organizar el correspondiente servicio.

B) *Centros de investigación*, ya sean organismos oficiales de investigación o centros de enseñanza, como la Universidad.

En estas vías de adquisición, además de la parte técnica, van incluidos componentes de política económica. Casi todos los países, aunque a diferentes niveles, importan y exportan tecnología, pues consideran los conocimientos científicos relativos a un proceso industrial como un bien económico que se compra y se vende, presumiendo la existencia de un mercado internacional para dicha tecnología. Pero el proceso de transferencia tecnológica es más complejo que el simple intercambio de bienes de equipo, por consistir o estar basado en un cambio de ideas y conocimientos. Los conocimientos residen en los hombres; y la transferencia de esta tecnología y de estos conocimientos dependerá de los contratos, de sus características y de las condiciones en que se realicen los intercambios.

Las transformaciones de tecnología suelen tener fuerte impacto en la evolución económica nacional. Unas veces aceleran el proceso industrial creando la posibilidad de acceder al desarrollo de sistemas más avanzados; pero otras veces pueden frenar el desarrollo nacional por competir ventajosamente con la técnica del

(7) LAVILLA, L.: «Jornadas de estudio sobre contratos de licencia y transferencia de tecnología», CEU, Madrid, 1975.

país, dejando en inferioridad a la empresa nacional. Un ejemplo del primer caso lo ofrecen Japón y Francia con respecto a la industria electrónica. Ambos países importaron tecnología de los semiconductores, y sobre la base de la tecnología importada consiguieron pasar a la segunda fase, la de los transistores y circuitos integrados, etc., es decir, al nivel de los componentes; y, más tarde, a la tercera fase, la de los sistemas funcionales en que se utilizan los componentes para la informática: ordenadores de segunda y tercera generación, equipos transistorizados de las centrales telefónicas y en la comunicación electrónica.

La importación de tecnología tuvo, pues, considerable efecto:

a) modificación de la industria de los ordenadores y de las telecomunicaciones; b) innovación tecnológica que permitió cambiar el sistema de comunicaciones o de tratamiento de la información, sea por una reducción de costes, sea por una utilización generalizada de estos medios; c) mejoras para la sociedad en su conjunto y desarrollo de una tecnología autónoma (8).

Un ejemplo del segundo caso lo tenemos en el sector farmacéutico de España. La importación de tecnología extranjera bajo la forma de materias primas a precios muy bajos impide su producción nacional (9).

Pasando ya a la última de las etapas del desarrollo tecnológico, una vez adquirida una tecnología existen distintas alternativas para su explotación: venta del producto final, de productos intermedios, de bienes de producción, de licencias de explotación, o bien a través de la inversión en otros mercados, sea de un modo autónomo e independiente o mediante la asociación de otras empresas. Esencialmente la explotación de tecnología no es más que la introducción de innovaciones en el proceso de producción, que originan incrementos de eficiencia, rendimiento físico o productividad económica.

Conviene hacer notar que la tecnología puede estar incorporada o no a los bienes físicos. Incorporada en el sentido de contenida en las materias primas básicas, productos intermedios o se-

(8) Un estudio más amplio del tema se encuentra en CAVALLÉ, C.: *El Sector Electrónico Español*, EUNSA, Barcelona, 1977.

(9) Para una visión más completa, véase «Principales cuestiones que plantea la transmisión de tecnología. Estudio monográfico sobre España», UNCTAD, Ginebra, 1974, págs. 38-45.

mielaborados, maquinaria, instalaciones, o componentes industriales. Así, por ejemplo, una placa metálica está constituida por un metal más una tecnología incorporada en el equipo industrial usado en su fabricación. En este sentido la tecnología de fabricación corresponde a lo que se denomina «hardware» en el lenguaje de las computadoras, mientras que la tecnología no incorporada, es decir, el «know-how» o «software» se encuentra en las personas (peritos, técnicos, ingenieros) bajo la forma de conocimientos intelectuales, habilidad manual o mental, o simplemente en documentos que aseguran su conservación (diseños, patentes, proyectos, informes, ...). A continuación analizaremos lo que entendemos por política tecnológica en esta investigación.

La política tecnológica es una de las más recientes políticas de desarrollo. Diremos más adelante que el cambio tecnológico era considerado, aún hace poco como un parámetro, y no como un instrumento capaz de desarrollar la industria de un país. Hoy por hoy, el desarrollo tecnológico se puede considerar como el principal instrumento para estimular el desarrollo económico. Son varios los autores que han intentado sistematizar la política tecnológica, y son muy distintos los planteamientos y niveles de profundización de cada uno de ellos. Algunos, como luego veremos, se quedan en juicios de valor; otros subrayan los objetivos de la política tecnológica, es decir, los fines, o bien se quedan en los medios de actuación concretándolos para países determinados. Queda todavía por elaborar una sistematización clara y objetiva de la política tecnológica, que aquí no haremos, ya que no es el objetivo de este trabajo.

La política tecnológica tiene su fundamento teórico, como luego estudiaremos, en el factor residual. Ahora bien, en cuanto política tiene su origen en la asignación de los gastos presupuestarios de investigación a objetivos concretos.

Nace la política tecnológica durante la segunda guerra mundial, cuando se ve la necesidad de utilizar una serie de conocimientos científicos y tecnológicos para unas necesidades bélicas concretas.

Después de la guerra, la política tecnológica surge como necesidad de orientar los conocimientos científicos y tecnológicos de un país hacia sectores productivos o determinados.

Entendemos por política tecnológica (P.T.) y en este sentido se aplica en esta tesis, el conjunto de medidas legislativas, ejecutivas y prácticas que adopta un Gobierno con el fin de aumentar, organizar y utilizar el potencial científico y técnico nacional, conforme a los objetivos que el país ha asignado a su desarrollo global.

Los diversos sujetos de la política tecnológica estarán englobados en lo que a partir de ahora llamaremos Sistema Científico Tecnológico (S.C.T.). Entenderemos por S.C.T. el conjunto de personas, actividades y operaciones interrelacionadas dirigidas a generar, modificar, aumentar y difundir el conocimiento científico y técnico y a concebir nuevas aplicaciones de éste.

A estos efectos el potencial científico y técnico nacional engloba todos los recursos organizados que el país puede, con toda libertad, dedicar al descubrimiento, a la invención y a la innovación, así como el estudio de los problemas nacionales e internacionales que son de la competencia de la ciencia y de sus aplicaciones.

La experiencia muestra que sin un S.C.T. firmemente implantado es prácticamente imposible lograr una P.T. adecuada.

Hay que reconocer de todas formas que la política tecnológica es algo todavía muy poco elaborado a nivel práctico, lo que lleva a C. Harris a afirmar que no existe una aproximación simple que permita formular una política científica para un país. Toda formulación de política científica y tecnológica debe tener en cuenta una extraordinaria diversidad de problemas y de circunstancias (10).

Uno de estos problemas, a la hora de definir y aplicar la política científica y tecnológica, es su elevado coste y la necesidad de orientar las inversiones correspondientes con criterios de máxima eficacia. De nuevo topamos con la falta de estudios o de modelos económicos que ayuden a tomar decisiones presupuestarias para atribuir recursos en la política de investigación y desarrollo.

Desgraciadamente, hace poco tiempo que los economistas han empezado a estudiar con seriedad estas cuestiones, lo que, unido a su enorme complejidad, hace «que toda tentativa hecha en la

(10) BATTELLE SEATTLE RESEARCH CENTER: «Proceedings of Trends», in *Science Policy*, Seattle Washington, marzo 1969.

actualidad para aportar respuestas cuantitativas, no representaría más que la expresión de una opinión personal» (11).

Dejamos de lado por un momento las consideraciones anteriores para analizar dentro de un enfoque más amplio la formulación de una política de desarrollo técnico, entendida como la creación de la *capacidad de mantener constantemente el progreso técnico*. Según esta nueva orientación, el progreso técnico no basta con fomentarlo, sino que hay que introducir nuevas técnicas y nuevos procesos de producción de forma indefinida, y está tiene relación directa con la realización de nuevas inversiones y con las características empresariales que predominan en cada sector. Por eso, si la política tecnológica quiere adaptarse a la estrategia de desarrollo económico que tienen los países, ha de relacionarse con las políticas industriales y sectoriales. En toda economía es posible alcanzar mayores niveles de cambio técnico y una entrada de input tecnológico a corto plazo, pero en una situación de dependencia tecnológica, el progreso técnico constante o autopropulsado a largo plazo sólo se conseguirá con una coordinación a nivel nacional de la política industrial descentralizada y la política tecnológica para el desarrollo, que asegure no la autarquía, que es imposible e incluso indeseable, pero sí el control del poder de decisión en el progreso técnico (12).

La coordinación de la política tecnológica con la política industrial no exige un alto grado de centralización en la toma de las decisiones. En la mayoría de los países el desarrollo científico y tecnológico tiene un elevado grado de descentralización de forma que se puedan aprovechar de la mejor manera posible las aptitudes locales, reduciendo a un mínimo las trabas que van siempre unidas a cualquier máquina burocrática oficial. Al mismo tiempo se ha de crear un clima de libre iniciativa del que tanto depende el florecimiento de la capacidad individual de creación en el plano tecnológico y científico.

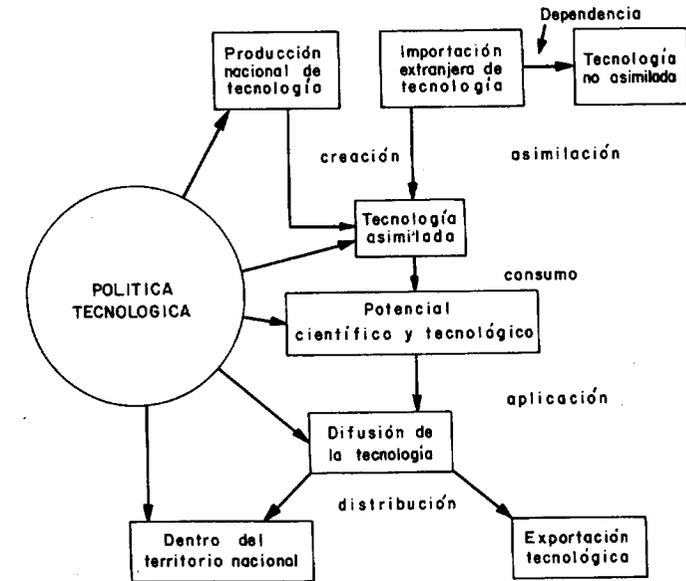
Vamos a continuación a estudiar cuál es la dirección que puede tomar la P.T. según actúe sobre una parte u otra del S.C.T.

(11) JOHNSON, H.: *Basic Research and National Goals*, National Academy of Sciences, Washington D. C., 1967.  
 (12) HALTY CARRERE, M.: *Producción, Transferencia y Adaptación de Tecnología Industrial*, OEA, «Colciencias», Bogotá, 1972.

En el cuadro 1 observamos los campos de influencia de la política tecnológica.

La importación de tecnología no puede ser considerada como un elemento exógeno al proceso de desarrollo técnico, ya que esta importación tiene gran incidencia sobre el desarrollo industrial y sobre el desarrollo de la capacidad nacional de producción de tecnologías. La importación no asimilada o descontrolada de tecnología lleva consigo dependencia.

CUADRO 1  
*Influencia de la política tecnológica*



La importación de tecnología adecuada, es decir, susceptible de ser asimilada, sólo se alcanza si, como hemos dicho, existe una buena base científica y tecnológica nacional.

La política tecnológica incluye, por tanto, la actividad inmediatamente anterior a la introducción de las innovaciones en las actividades productivas.

La tecnología asimilada puede provenir de tecnología importada adecuada a las condiciones del país o de la creación nacional de tecnología.

La P.T. puede controlar la importación de tecnología y puede, como luego veremos, estimular la producción nacional de tecnología.

La tecnología asimilada puede ser consumida por el potencial científico tecnológico mediante un intercambio nacional de tecnología y aplicada en todo el S.C.T. mediante exportación o bien distribución dentro del territorio nacional, tal como se ve en el gráfico.

La política tecnológica afecta, por tanto, a todo lo que llamáramos procesos tecnológicos: utilización de tecnología, su creación, los costes de la investigación, volumen de recursos invertidos, resultados obtenidos, políticas sectoriales dirigidas a crear tecnología, explotación de la tecnología y venta al exterior de la misma, etcétera. Y el punto de partida de esta política tecnológica es el S.C.T. y su potencialidad; si el sistema es pobre y no es capaz de producir tecnología propia habrá déficits comerciales en la balanza de pagos a corto plazo, y, a largo plazo, paro y disminución de la tasa de crecimiento.

Un planteamiento diferente muestra que la política tecnológica puede ser ejecutada a tres niveles diferentes de acción:

El primer nivel es la oferta de tecnología que corresponde al potencial nacional en materia de ciencia y tecnología. El segundo es la demanda tecnológica, que se traduce en necesidades del sistema productivo y, en general, del desarrollo económico del país, en ciencia y tecnología. El tercero es el nivel internacional y el papel que el país juega dentro de él.

Es posible que los niveles primero y segundo no conecten entre sí y que, por tanto, la oferta de la tecnología no surta a la demanda de lo que necesita. El papel del Gobierno es descubrir los modos de orientar oferta, demanda y relaciones internacionales para desarrollar una estrategia científica y tecnológica adecuada al país.

## 2. OBJETIVOS DE LA POLÍTICA TECNOLÓGICA

Vamos a estudiar ahora cuáles son los fines sociales, económicos y políticos que pretendemos conseguir con la política tecnológica.

En cada uno de los objetivos que a continuación se describen se pretende mostrar los instrumentos y medidas que se pueden poner en práctica para su consecución (13).

Los límites en los que se mueve la política tecnológica o, mejor dicho, los extremos a que se puede llegar cuando hay una ausencia clara de política tecnológica son: a) Una política de apertura total a las tecnologías foráneas, es decir, una política tecnológica de dependencia basada en una actitud de «laissez faire, laissez passer», y b) La autarquía técnica, es decir, la utopía de pensar que la mejor política tecnológica es cortar toda importación. Por eso, los objetivos que a continuación se plantean, se han de conseguir mediante una política tecnológica que busca posiciones intermedias entre estos dos extremos.

### A) Incremento del producto industrial bruto (P.I.B.)

Uno de los objetivos que prioritariamente y tradicionalmente se han planteado las políticas económicas de todos los países es el incremento del producto nacional bruto (P.N.B.). El incremento del P.N.B. lo puede conseguir la política tecnológica en dos sub-objetivos: el del incremento del P.I.B., que veremos a continuación, y el de conseguir una estructura industrial óptima.

Partiendo de una tasa de formación de capital se pueden conseguir incrementos del P.I.B. (y, por tanto, del P.N.B.), aprovechando mejor los recursos naturales y la mano de obra existentes con procedimientos tecnológicos adecuados para un determinado país.

El medio de acción para conseguir un mejor aprovechamiento de la mano de obra disponible, o para una mejor adaptación, selección o modernización de los equipos de producción es una inves-

(13) Ver, para una mayor extensión, NUÑO F. DE FIGUEROA: «Factores y condiciones determinantes para una Política Nacional de Desarrollo Tecnológico», en RAE, Río de Janeiro, 1974.

tigación tecnológica sistemática orientada en esa dirección, y una mayor formación de los trabajadores.

El crecimiento del producto industrial puede seguir dos caminos: *a)* a través de incrementos exclusivos de los factores capital y mano de obra que anualmente se incorporan a la economía; *b)* por la innovación tecnológica acelerada. Un proceso adecuado de innovación tecnológica introduce modificaciones cuantitativas en el stock de los factores, bien como una modificación de la combinación de los mismos, a través de nuevos procesos que economicen capital o mano de obra, o de ambos factores simultáneamente. En terminología de Hicks se desarrollará, respectivamente, un cambio tecnológico no neutral o neutral.

El cambio tecnológico será neutral cuando introduce aumentos de productividad marginal tanto en el factor trabajo como en el factor capital y ambos aumentos son iguales. Por tanto, el cambio tecnológico neutral afectará de igual forma a la utilización de mano de obra y capital, mientras que el cambio tecnológico no neutro puede ser que utilice más o menos mano de obra o capital. En términos industriales podemos resumirlo como la fabricación de nuevos productos que permiten economizar factores en la producción, permitiendo un crecimiento del P.I.B. más alto que el que resulta del proceso de formación de capital y/o por el aumento de la población activa.

#### B) *Conseguir una estructura industrial óptima*

Vimos que éste es un subobjetivo general de incrementar el P.N.B. Se conseguirán, por tanto, mayores crecimientos del P.N.B. con una estructura industrial óptima, que permita maximizar las economías externas originadas por el crecimiento de los sectores más dinámicos de la economía.

De ahí la necesidad de promover algunas industrias modernas dentro del país caracterizadas por una alta intensidad de investigación que permitan un crecimiento más riguroso de toda la economía. Son industrias de gran complejidad técnica que requieren el apoyo necesario y constante de actividades de investigación y desarrollo ejecutadas en las empresas y en los institutos oficiales. La política tecnológica ha de saber orientar estas actividades de la forma adecuada para conseguir este objetivo. Encontrar esta es-

tructura industrial óptima es, como se ve, un objetivo de política tecnológica, y que nos lleva de la mano a otro más concreto: obtener una capacidad de investigación nacional.

#### C) *Obtener una capacidad innovadora propia*

Vimos más arriba la necesidad que tienen los países de un S.C.T. firmemente implantado, que les permita desarrollar una tecnología propia. Esta capacidad innovadora propia asegura objetivos, como son la independencia política y la seguridad nacional, ya que los pueblos y las naciones deben configurar su modo de vida político, económico y social con absoluta autonomía, sin presiones ni interferencias extranjeras; para hacerlo posible es necesario que cada país o grupo de países posean una tecnología propia.

Esta capacidad innovadora se desarrollará en la medida en que se aprovechen los recursos productivos del país, lo que posibilitará competir en el mercado internacional con productos industriales propios.

#### D) *Modernizar y orientar la estructura del sistema productivo*

Pretende este objetivo mejorar, a través de reestructuraciones de los diferentes sectores productivos, las técnicas productivas, aprovechando economías de escala, subrayando las condiciones que permitan a la empresa nacional competir con el exterior y con las empresas multinacionales. Las reestructuraciones sectoriales y la necesaria modernización de algunos sectores productivos, asegura, por ejemplo, una política de sustitución de importaciones en la que se incluye necesariamente una componente tecnológica de gran importancia.

La reestructuración industrial comprende diferentes medidas de política industrial: líneas de crédito, asistencia técnica, política de control de las importaciones de productos y equipos, legislación de la competencia, etc., que trascienden ampliamente el campo de una política tecnológica definida en sentido estricto. No obstante, como ahora veremos, una política de reestructuración industrial comprende o debe comprender una importante componente de naturaleza tecnológica.

Los factores de naturaleza tecnológica que aparecen o deben

aparecer en las políticas encaminadas a modernizar y orientar la estructura productiva de los diferentes sectores son: la selección de equipos, de procesos de producción y de productos de acuerdo con criterios alternativos de naturaleza tecnológica y naturaleza económica.

Una adecuada selección de técnicas y de equipos no puede prescindir de la elección entre las diferentes opciones disponibles que impliquen criterios tecnológicos, como pueden ser: rendimientos técnicos de series de producción, tamaño de los mercados, intensidad de los factores (capital y mano de obra), evolución futura de las técnicas y de los equipos, etc.

De ahí la necesidad de elaborar una cierta previsión tecnológica que consista en obtener «las expectativas con un cierto nivel de confianza, de la puesta en práctica de un logro tecnológico dentro de un periodo de tiempo con un nivel específico de apoyo». Entendemos por nivel específico de apoyo, «el nivel de recursos dedicados a investigación y desarrollo dentro del campo de la tecnología sobre el cual se hace la previsión de sus posibles cambios». El número de técnicas o métodos utilizados en prever —y en algunos casos intentar dirigir— el progreso tecnológico es sorprendente, puesto que ya en 1960 Erich Jantsch, en un informe para la OCDE enumeraba y describía más de un centenar de ellos. El hecho de evaluar la tecnología «demuestra que el hombre es capaz de ser racional. En el fondo recurre al método científico para juzgar las actividades de la ciencia» (14).

Las políticas tecnológicas que se pueden seguir para conseguir este objetivo estarán orientadas a que el S.C.T. se encuentre en condiciones de tomar decisiones en cada uno de los sectores industriales que se necesita reestructurar y conocer las tecnologías que necesita para llevar a cabo la reestructuración.

Sin este esfuerzo de política tecnológica no se puede esperar que los conocimientos empresariales asesorados por la simple asistencia técnica del vendedor de la tecnología, sean suficientes, ya que se tratan de decisiones individuales, desconexas entre sí, tomadas en gran número, con repercusiones para toda la economía.

(14) FRANKLIN P. HUDDLE, citado en *Chemical and Engineering News*, X-70. Citado a su vez por HETMAN, F.: *La Société et la Maîtrise de la Technologie*, OCDE, París, 1973, pág. 62.

#### E) *Equitativa distribución de la renta*

Es éste un macroobjetivo de política tecnológica que dividiremos en tres subobjetivos: desarrollo regional o redistribución de la renta entre regiones, defensa del consumidor y redistribución de la renta favorable a los estratos menos privilegiados de la sociedad.

El desarrollo regional es tradicionalmente uno de los objetivos de la política económica para el que la política tecnológica puede ser un medio para conseguirlo. En muchos casos, esta política no es más que una descentralización industrial con el fin de desarrollar más las zonas más pobres del país.

La investigación orientada por la política tecnológica desempeña en este campo un papel fundamental, ya que no existen normalmente soluciones disponibles para cada caso y hay que buscar diferentes adaptaciones a las necesidades o recursos disponibles en una región determinada.

La política económica que pretenda conseguir un mayor equilibrio regional debe tener presente el S.C.T. y la P.T. que apoye el esfuerzo nacional de desarrollo regional y descentralización, de lo contrario, se harán repeticiones de estructuras industriales pre-determinadas e inadecuadas para los medios disponibles en una región determinada, con la consiguiente prestación de subsidios económicos desproporcionados y de duración indefinida.

En cuanto al subobjetivo de defensa del consumidor dentro del objetivo general de una equitativa distribución de la renta, la política tecnológica puede introducir nuevas técnicas y procesos de fabricación que abaraten, mejoren e innoven determinados productos con ventajas para el consumidor.

Los estratos menos privilegiados de la sociedad pueden también ver mejoradas sus rentas debido a la acción de la P.T. En el caso de productos agrarios de bajo nivel, hasta ahora sin una proyección práctica industrial ni comercial. Nuevas tecnologías pueden conseguir utilizarlos como materia prima o comercializarlos.

#### F) *Pleno empleo*

Objetivo de la P.T. que de forma explícita aparece en otros trabajos que hemos realizado sobre este tema y sobre la problemática

que plantea la tecnología intermedia (15). Por esta razón no nos orientaremos aquí más que para señalar brevemente la orientación de la política tecnológica.

La P.T. tenderá a desarrollar aquellos sectores que de alguna manera contribuyan a generar empleo productivo, partiendo de las variables que se relacionan con la capacidad prevista de ese sector y del resto de los sectores, como pueden ser:

- a) Capacidad de empleo del sector.
- b) Porcentaje anual de incorporación de mano de obra en el sector.
- c) Productividad media por hombre ocupado.
- d) Multiplicador del empleo del sector.
- e) Porcentaje anual de incorporaciones de mano de obra en otros sectores.
- f) Productividad media por hombre ocupado del empleo generado en otros sectores.

El estudio sectorial de cada una de estas variables permite descubrir cuáles son los sectores que incorporan más mano de obra y mayor productividad al sistema económico, pudiéndose fomentar así la investigación tecnológica de esos sectores mediante planes de investigación y subvenciones oficiales.

G) *Fortalecimiento del sistema productivo y salvaguarda del predominio nacional en los principales sectores*

El desarrollo tecnológico del sistema productivo de un país es un medio importante para fortalecer su posición competitiva en los mercados exteriores. Pero, además, la tecnología propia permite que, los sectores industriales estratégicos, tengan una mayor independencia del capital exterior. Las empresas multinacionales de los países desarrollados poseen importantes cantidades de *know-how* acumulado y medios para mantener de forma continua su aprovi-

(15) Ver, por ejemplo: PAMPILLÓN, R.: «Technology Transfer to developing countries». Paper submitted to the International Conference of the Licensing Executives Society on Technology Transfer as a Development Factor in the Eighties, octubre 1979.

sionamiento de tecnología. Cuentan para ello con sus propios departamentos de I y D y con el apoyo de los múltiples institutos tecnológicos oficiales y privados de sus países de origen.

En algunos países menos desarrollados, como por ejemplo España, es necesario, aunque no suficiente, la expansión, consolidación y adecuación a las necesidades productivas del Sistema Científico y Tecnológico, con el fin de disminuir el desequilibrio existente entre las empresas nacionales y las empresas multinacionales que provienen de países con un alto grado de desarrollo. Las mismas consideraciones, unido a la asimilación por parte del sistema productivo de la tecnología ofrecida por el S.C.T., parecen necesarias para salvar un cierto predominio o presencia nacional en los principales sectores de la actividad industrial.

H) *Equilibrio de la balanza de pagos*

Para cubrir este objetivo la política tecnológica ha de regirse por criterios de economía de divisas, exportación de productos industriales y de absorción de las importaciones mediante su sustitución con los bienes producidos en el país. Es necesario, por tanto, originar un flujo creciente de exportaciones de productos manufacturados. La creación de ese flujo depende de productos nacionales relacionados con los recursos productivos del país y con una tradición definida en materia de investigaciones tecnológicas.

Los productos cuantitativamente más importantes de las exportaciones respectivas de Holanda y de Japón, por ejemplo, resultan de una tradición nacional en materia de investigación fundamental y aplicada que, proporcionaron un desarrollo industrial especializado que tiene como consecuencia las citadas exportaciones.

3. ALGUNOS ELEMENTOS DE LA POLÍTICA ECONOMICA

La tecnología se puede considerar como un bien que se compra y se vende en el mercado, por tanto, la política tecnológica en una economía mixta cuenta con una oferta y una demanda tecnológica.

Los demandantes de tecnología son: la empresa privada, la empresa pública y las empresas extranjeras multinacionales (16).

(16) DA COSTA, J. F.: «Condições e fatores de desenvolvimento tecnológico: Aspectos externos», en RAE, Rio de Janeiro, 1974, págs. 83 y sigs.

En cualquier caso el estudio de la política tecnológica a través de la oferta y la demanda de tecnología es un enfoque entre muchos, pero que, por su carácter elemental puede ayudar a hacer comprender la estructura del mercado.

#### A) *Oferentes de tecnología*

La oferta de tecnología es la capacidad actual y potencial que tiene un país en ciencia y tecnología. Cuando un país tiene, por ejemplo, una gran dependencia del exterior porque se provee de tecnología extranjera ya de una forma clara, ya de una forma disfrazada, es preciso reforzar su oferta con ciencia y tecnología nacional. Es decir, se hace necesario reforzar la oferta proporcionada por el S.C.T.

Los medios de una política tecnológica en cuanto a la oferta se refiere, se concreta en una política de recursos humanos y una política de información científica y técnica.

La política de recursos humanos está encaminada a la formación del personal incluido en el S.C.T.

La política de información científica y técnica se dirige a aprovechar la información científica y tecnológica disponible en el resto del mundo.

Cuatro son, desde nuestro punto de vista, y sin pretender ser exhaustivos, los sujetos de la actividad económica que hacen posible la oferta de la tecnología: las empresas privadas, los institutos de investigación, el Gobierno y el sistema financiero.

- a) La empresa privada, como estudiaremos más adelante, es el protagonista de la actividad tecnológica, en una economía de mercado. Su poder competitivo depende del esfuerzo por elaborar una tecnología propia y por la capacidad creciente de innovación y adaptación.
- b) Los institutos de investigación son sujetos importantes sobre los que debe recaer la P.T. La P.T. debe estar encaminada a fortalecer las instituciones de investigación, a estrechar sus vínculos con el sistema productivo y fomentar las necesidades de demanda efectiva suscitada por el dinamismo de la economía y las medidas gubernamentales.

Los institutos de investigación deberán incorporar en la medida de lo posible, economistas y especialistas en ingeniería de sistemas, a fin de garantizar investigaciones realistas que correspondan a las necesidades globales del país.

- c) El Gobierno: Su misión es, en primer lugar, estimar las verdaderas necesidades del país, en materia de producción interna de ciencia y de tecnología, ya que la empresa, en su elección necesariamente microeconómica, no está en condiciones de apreciar los costes sociales de tecnologías alternativas y tienden a orientarse por los precios del mercado y las decisiones provenientes del exterior.
- d) Organismos financieros; Los recursos financieros ajenos a la empresa deben complementar el esfuerzo del S.C.T., ayudando con créditos apropiados a los proyectos que le son presentados en el campo de la ciencia y de la tecnología, siendo deseable que concedan financiación a largo plazo, exigida por la naturaleza de la actividad técnico-científica. De esta forma se tiende a favorecer el desarrollo tecnológico nacional. Para ello el Gobierno podría aceptar como computables en fondos obligatorios los créditos concedidos para investigación científica y tecnológica.

#### B) *Demandantes de tecnología*

Los demandantes de tecnología son elementos importantes en la ejecución de la estrategia tecnológica. El S.C.T. se fortalecerá y será productivo en la medida en que venga a atender las solicitudes específicas y las necesidades futuras del sistema productivo. Y estas solicitudes o demandas vienen hechas por los demandantes de tecnología que estudiaremos a continuación:

##### a) *La gran empresa*

La empresa privada nacional de tipo grande necesita para su subsistencia de alta tecnología, asociada necesariamente con grandes proyectos de investigación. Esto sucede de una manera especial en los proyectos de los sectores industriales de alta intensidad técnica o con actividades de tecnología compleja.

Normalmente, en los países hay determinados sectores que necesitan niveles mínimos de inversión, para que las actividades correspondientes puedan ser realizadas con eficiencia, a base de políticas de previsión y planes a largo plazo.

b) *La pequeña y mediana empresa*

Son, por lo general, empresas de capital genuinamente nacional y, por tanto, más fácilmente integrables en la política general de desarrollo científico y tecnológico.

Pueden, por otro lado, realizar actividades determinadas de investigación y desarrollo que normalmente no interesan a las grandes empresas.

También pueden asociarse con el auxilio del Gobierno para emprender o contratar con instituciones de investigación u otras empresas proyectos de investigación y desarrollo.

El Gobierno puede, mediante fondos de modernización y otros mecanismos, conferir nuevas posibilidades a la P.M.E. induciéndola a nuevas mejoras, niveles de eficiencia y mayor racionalidad en la gestión y en la producción.

c) *Empresas de ingeniería*

Son demandantes importantes de tecnología que necesitan para poder licitar contratos de obra y proyectos industriales o de obras públicas.

Las empresas de ingeniería, marketing, consultoría y asistencia técnica son, además de centros importantes de demanda, focos de difusión de tecnología nacional.

d) *La empresa pública*

Pueden estimular la demanda tecnológica nacional dando preferencia a los contratos que utilicen técnicas desarrolladas en el propio país.

El Estado, mediante la empresa pública, se puede encargar de estimular la demanda de ciencia y tecnología promoviendo actividades de investigación y desarrollo dentro de ellas o bien estimulándolas a que firmen contratos con entidades públicas y privadas de investigación y desarrollo.

Serán contratos de investigación ligados a las necesidades específicas de una empresa pública o de la Administración y, por tanto, de interés nacional.

e) *Las empresas multinacionales*

Aparte de contribuir al proceso de difusión interna de la tecnología que importan, pueden contribuir a desarrollar la demanda de tecnología nacional, realizando contratos de investigación y desarrollo con entidades locales.

También pueden adaptar las tecnologías originarias que poseen a las necesidades económicas y sociales del país. Pueden desarrollar una tecnología que utilice materias primas locales y formar a la mano de obra y al personal técnico local.

#### 4. EL CAMBIO TECNOLÓGICO Y SU MEDICIÓN

El estudio de los procesos tecnológicos ha comenzado hace escasos años. La inquietud por medir el cambio tecnológico nace al amparo del factor residual de la función de producción. El Factor Residual, o Residuo, es un «cajón de sastre», donde se van incluyendo los aumentos del P.N.B. que no son explicables por la acumulación de los inputs clásicos de la función de producción: aumento de capital, aumento de mano de obra y aumento de la tierra dedicada a la agricultura.

Diferentes autores han explicado qué entienden por cambio tecnológico, es decir, la medida del progreso técnico. En las primeras elaboraciones teóricas de la economía, el residuo o cuantificación del progreso técnico era un conjunto de inputs inespecificados.

La importancia que ha ido tomando la teoría del crecimiento económico ha sido tan grande que ha obligado a explicitar su contenido. Los clásicos consideraban el progreso y el cambio tecnológico como variables exógenas, es decir, no existía relación entre capital, trabajo y tierra, por un lado, y tecnología, por otro.

Hoy en día vemos con claridad que el factor capital mejora con el progreso técnico; que el factor trabajo puede mejorar con la educación, mejoras sanitarias y seguridad social, y la producti-

RAFAEL PAMPILLÓN OLMEDO

vidad de la tierra es mayor cuando se le aplica mecanizaciones sofisticadas.

El cambio tecnológico y el factor residual no han tenido, hasta hace poco tiempo, explicación macroeconómica. Los primeros estudios empíricos sobre este tema son de la década de los años cincuenta. Por primera vez, hace menos de treinta años, se comienza a considerar al progreso técnico como factor, y factor importante de la economía y de la función de producción. Los autores que consiguen con más claridad definir y contrastar empíricamente la tecnología, como variable relevante del crecimiento económico, son: Abramovitz, Solow y Denison (17).

En la actualidad se dispone de una gran evidencia empírica que prueba que la acumulación de capital en el desarrollo económico de las naciones industrializadas explica tan sólo una parte —estimada en un 25 por 100— del ritmo de crecimiento alcanzado en ellas. El resto habría que atribuirlo a la población y básicamente a lo que los economistas han denominado «factor residual», de difícil cuantificación, que incluye fundamentalmente el progreso tecnológico (18). «Ahora —decía Samuelson—, con un vistazo a los hechos, comprendemos por qué los economistas actuales creen que el progreso científico y técnico ha sido, cuantitativamente, el factor más importante del crecimiento de los países avanzados.

La ciencia y la tecnología abren a todas las economías la posibilidad de superar los límites que les venían impuestos tradicionalmente por una dotación desfavorable en recursos naturales. Por ello mismo, la ciencia y la tecnología terminan por rechazar los postulados de la teoría clásica del comercio internacional y revolucionan la noción tradicional de la ventaja comparativa, que es un concepto estático basado sobre la idea del carácter casi inmutable de la dotación de factores de producción de un país. Se ofrece así, a todos los países en fase avanzada de desarrollo, la posibilidad de modificar considerablemente el puesto que han ocu-

pado en el pasado en el seno de la división internacional del trabajo» (19).

Diversos autores han realizado estudios empíricos de los que han obtenido resultados diferentes según los países analizados, los períodos de tiempo cubiertos y, por supuesto, según las metodologías utilizadas, pero todos ellos confirman que la contribución del progreso técnico es fundamental y sustancial.

Veamos en un ejemplo estadístico cómo, esos estudios empíricos, reparten el 100 por 100 del aumento de la renta nacional entre los inputs y el residuo o cambio técnico (20).

Autor	País	Periodo	Aumento «inputs» %	Residuo %
SOLOW (1957)	USA	1900-60	13	87
MASSFELL (1960)	USA	1915-55	10	90
AUKRUST (1959)	Noruega	1900-55	33	66
REDDAWAY SMITH (1960)	G. B.	1948-54	25	75
SCHULTZ (1961)	USA	1910-49	17	83
	Argentina	1918-49	38	62
	Brasil	1925-49	55	45
	Méjico	1925-49	50	50

Estos resultados sorprenden por la desproporcionada importancia que dan al factor residual y debería ser, en cierto sentido, un motivo de preocupación y de interés para los estudiosos del crecimiento económico. Si tenemos en cuenta que por ahora no conocemos gran cosa acerca de las causas del residuo, «la importancia

(17) ABRAMOVITZ, M.: «Economics of Growth», en *A Survey of Contemporary Economics*, vol. II, Irwin, Homewood, Illinois, 1952, y SOLOW, R. M.: «A Contribution to the Theory of Economic Growth», en *Quarterly Journal of Economics*, vol. LXX, 1956.  
 (18) *The Economics of Technological Change*, Ed. Nathan Rosemberg, Penguin Education, Londres, 1971.

(19) IRESCO: «La pequeña y mediana empresa y la transferencia de tecnología», Simposio Iberoamericano y del Caribe de la Pequeña y Mediana Empresa, Rio de Janeiro, 1977, págs. 2 y sigs.  
 (20) Citados en *Policies and Means of Promoting Technical Progress*. Trabajos presentados a la V Reunión de «Senior Economic Advisers to ECE Governments», Naciones Unidas, Nueva York, 1968.

predominante de este factor debería ser considerada como una especie de medida de nuestra ignorancia sobre la etiología del crecimiento económico y como un indicio revelador, que señala dónde hace falta concentrar nuestra atención» (21).

Estos primeros estudios sobre la medición del cambio tecnológico muestran, en primer lugar, la importancia del residuo y, en segundo lugar, una cierta relación o correlación entre el nivel de desarrollo económico del país y la importancia del factor residual. En los países subdesarrollados hay más acumulación de recursos y más acumulación de capital físico. En los países desarrollados hay más acumulación de conocimientos, que se refleja en una mayor participación del progreso tecnológico en la R.N.

Un estudio hecho para los Estados Unidos en el período 1929 a 1957 muestra que la tasa de crecimiento del output total americano era debido:

- el 30 por 100 a aumentos de inputs (tierra, trabajo, capital),
- el 70 por 100 al residuo, el cual se dividía:
  - a) el 43 por 100 a la educación,
  - b) el 10 por 100 a las economías de escala,
  - c) el 17 por 100 a la mejora en salud pública, en accidentes de trabajo, sanitaria... (22).

Un análisis de la contribución del capital, el trabajo y el progreso técnico al desarrollo del producto interno bruto de nueve países europeos y Canadá entre 1949 y 1959, demuestra que, salvo el caso de Canadá que dio resultados reducidos, la contribución del progreso técnico oscila entre el 50 y el 75 por 100 (23).

Por tanto, la acumulación de conocimiento ya no es una variable exógena. Hoy la única variable exógena que se acepta es el descubrimiento de nuevos recursos.

Hay estudios más modernos y sofisticados, de tipo teórico, de

(21) ABRAMOVITZ, M.: «Resource and Output Trends in the United States Since 1870», en *American Economic Review*, vol. XLVI, V, 1956.

(22) DENISON, E.: «The Sources of Economic Growth in the United States and the alternatives Before Us». Committee for Economic Development, Nueva York, 1962.

(23) Alemania Occidental, 60 por 100; Italia, 69 por 100; Yugoslavia, 58 por 100; Holanda, 54 por 100; Francia, 75 por 100; Suecia, 73 por 100; Reino Unido, 51,6 por 100; Bélgica, 66,6 por 100; Naciones Unidas; *op. cit.*, pág. 18.

Kaldor, Harrod, Joan Robinson, etc., que recoge Allen (24), quien confirma que el progreso técnico es quizá el factor más importante del crecimiento, aspecto en el que parece que la mayoría de los autores están en acuerdo.

En un reciente tratado de política fiscal G. K. Shaw critica ciertos modelos de crecimiento económico basados en la formación de capital con un alto grado de sofisticación «tales refinamientos pertenecen al reino de la especulación filosófica y son difícilmente aplicables por quienes elaboran la política» (25). Los primeros modelos de crecimiento económico tendían a dar gran importancia a la formación de capital; trabajos más recientes han puesto en duda el papel asignado normalmente a la formación de capital y han sugerido también que el progreso tecnológico puede ser el factor más relevante en la determinación del crecimiento. Es de esperar que las políticas de crecimiento económico, ya sean fiscales o de otro tipo, den mayor atención al elemento cambio tecnológico (26). Es decir, al complejo de fuerzas poco conocidas que provocan que la productividad, esto es el producto por unidad de recursos utilizados, aumente. Hemos de concluir que resultan de gran valor los estudios que intentan medir el cambio tecnológico a partir de los incrementos del P.N.B. producidos por causas diferentes al aumento de horas de trabajo y de capital físico.

## 5. ALGUNAS METODOLOGIAS DE MEDICION DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Para poder medir el cambio tecnológico, hemos de definir y especificar sus componentes. Casi todos los autores están de acuerdo en que el progreso técnico es debido:

- a) Educación a todos los niveles y desarrollo de la formación profesional.
- b) Mejora de la sanidad.

(24) ALLEN, R. G. C.: *Teoría Macroeconómica*, Ed. Aguilar, Madrid, 1970, pág. 283.

(25) SHAW, G. K.: *Política Fiscal*, Vicens Vives, Barcelona, 1974.

(26) SHAW, G. K.: *Op. cit.*, pág. 35.

- c) Aparición de nuevos diseños e innovaciones de productos debidos a la investigación.
- d) Economías de escala.
- e) Mejoras en la organización (referentes, por ejemplo, a la eliminación de restricciones sobre la movilidad) y eficiencia económica de los recursos.
- f) Mejoras en la eficiencia de dirección de unidades socioeconómicas (27).

Históricamente se ha ido viendo que los motivos que impulsan el cambio tecnológico son:

- a) La escasez relativa de mano de obra.
- b) El incremento de los salarios.
- c) Baja elasticidad de la mano de obra.
- d) Amplio mercado.
- e) Movilidad geográfica de la mano de obra (28).

Y parece razonable aceptar que los elementos característicos en que se refleja el cambio tecnológico son:

- a) La mejor utilización de los inputs productivos. A lo que llamamos tecnología no incorporada.
- b) La mayor calidad de inputs productivos (29). A lo que llamamos tecnología incorporada.

El tema del cambio tecnológico incorporado y desincorporado ha sido tratado con profundidad por varios autores, Cobb-Douglas, Hicks y Solow. La variable  $J(t)$ , comúnmente denominada «capital conglomerado» (*Jelly Capital*), es una medida del stock de capital, utilizada por Solow, cuando se ha tenido en cuenta la di-

(27) DOMÍNGUEZ DEL BRÍO, F.: *Estrategia del crecimiento y desarrollo económicos*, EUNSA, Pamplona, 1976, pág. 45.

(28) Para una descripción histórica más amplia, ver: MARTÍN, C. y RODRÍGUEZ, L. R.: *Cambio técnico y dependencia tecnológica*, Fundación INI, Madrid, 1977.

(29) FANJUL, O. y otros: *Cambios en la estructura interindustrial de la economía española, 1962-1970: Una primera aproximación*, Fundación INI, Madrid, 1974, pág. 11.

ferente productividad de los elementos de capital según sus edades (30). Suelen ir acompañados estos estudios de formulaciones matemáticas complejas, que han servido para estudios empíricos recientes sobre la productividad de los bienes de equipo y su mejora, dependiendo del período en que son producidos.

Para cuantificar el cambio tecnológico ha habido varios métodos y a diferentes niveles. Son más abundantes los trabajos empíricos que intentan llegar a formulaciones teóricas, que los intentos de contrastar empíricamente los modelos teóricos. Todavía no se ha llegado a formular teóricamente algunos aspectos de los procesos tecnológicos. El estudio de la estructura económica de los procesos tecnológicos, ha sido mayor que el estudio de la política tecnológica, y la política tecnológica ha llenado más páginas de libros que el estudio a nivel de teoría económica de la tecnología. Qué es estructura, qué es política y qué es teoría en tecnología es algo hasta el momento poco definido, y sin límites claros, por lo que es fácil encontrárselos entrelazados.

Los primeros métodos de medición del cambio tecnológico a nivel macroeconómico nacen como ya queda dicho, de desglosar la función agregada de producción. Los intentos más verosímiles de medir el cambio tecnológico parten de la función neoclásica de Cobb-Douglas, a partir de la cual se llega a la siguiente formulación para el análisis del progreso técnico:

$$g_y = A(t) + \alpha g_l + \beta g_k$$

$g_y$  = el ritmo de la variación de la producción neta de la economía.

$g_l$  = el ritmo de variación del coste del trabajo.

$g_k$  = el ritmo de variación del coste del capital y  $A(t)$  = la aportación a  $g_y$  del factor residual.

El modelo neoclásico ha sufrido muchas críticas (31). Estas críticas han llevado a algunos autores a utilizar las tablas input-output para la medición del cambio tecnológico.

(30) DOMÍNGUEZ DEL BRÍO, F.: *op. cit.*, págs. 76 a 83.

(31) FANJUL, O.: *op. cit.*, págs. 17 y 18.

ambién a nivel macroeconómico, pero a un nivel más sencillo, an utilizado diferentes índices para medir el desarrollo y la cidad tecnológica de un país. La OCDE utiliza como indicadores capacidad tecnológica de un país entre otros:

Los ingresos por patentes, licencias, *know-how*, etc.

El número de patentes utilizadas en el extranjero.

Los resultados de exportaciones de productos con fuertes coeficientes de investigación.

Estos índices sirven solamente como orientación, ya que la OCDE opina que los países pequeños presentan una estructura industrial y científica mejor dotada para la absorción y difusión de innovaciones, frente a países mayores que poseen una estructura de investigación más poderosa (32).

Este estudio de los sectores más avanzados tecnológicamente tiene vez más interés en la economía de los países. Un ejemplo del estudio de la intensidad o capacidad de diferentes sectores para experimentar cambios tecnológicos es el efectuado por la «Association for Machinery Promotion (Centre for New Machinery System)» (33). Este estudio utiliza un índice que comprende cinco criterios:

La elasticidad de la demanda con respecto a la renta.

Las tasas históricas del crecimiento de la productividad.

El grado de competencia de la mano de obra.

La posibilidad de economizar recursos.

Las dificultades del entorno.

Estos cinco índices lo constituyen como medida logarítmica de estos cinco factores, de modo que cada uno de ellos está normalizado para ser el máximo de cada sector en la unidad. Veamos algunos ejemplos obtenidos al aplicar este índice a 150 productos industriales del Japón:

OCDE: *Políticas nacionales de las ciencias*, Países Bajos, 1973.  
*Analyse du Rol de la Information et des connaissances dans la structure industrielle du Japon*, Tokio, 1972. Citado por OCDE: *Le Croix et l'adaptation de la technologie dans les pays en voie de développement*, París, 1974.

Aparatos de electrónica aplicados	0,821
Imprenta y publicaciones	0,7
Bicicletas	0,595
Plásticos	0,627
Juguetes y deportes	0,623
Automóviles	0,642
Productos químicos	0,435
Hilatura	0,411
Fabricación de acero	0,453

Los índices ordenan de mayor a menor la capacidad de desarrollo tecnológico para los diferentes grupos de productos.

En los estudios publicados a nivel macroeconómico (34) se ha optado fundamentalmente por uno de los dos procedimientos siguientes:

- a) Cuantificar el residuo aislándolo de economías de escala y eventualmente encontrar variables independientes que lo expliquen, como, por ejemplo: «A Study of Production and Factor Shares in the Halibut Fishing Industry» (35) y «Productivity and Technological Change in the Bituminous Coal Industry 1919-1954».
- b) Aplicar con mayor detenimiento una o dos etapas del progreso tecnológico desde la generación del conocimiento o innovación hasta su difusión posterior; se pueden citar aquí dos trabajos: a) «Technological Progress in the Aerospace Industry», de H. O. Stekler, publicado en julio de 1967 por *The Journal of Industrial Economics*, y b) «The diffusion of New Technology», publicado en mayo de 1969 por el *National Institute Economic Review* (36).

(34) Un estudio más amplio se encuentra en *Visión Iberoamericana sobre Ciencia y Tecnología en el desarrollo*, OEA, Bogotá, 1972, pág. 337.  
 (35) *Journal of Political Economy*, agosto 1967. Citado por OEA, op. cit.  
 (36) Citado en OEA, op. cit., pág. 337.

## EPILOGO

A lo largo de estas páginas hemos intentado ordenar parte del conocimiento existente sobre política tecnológica, de forma que, partiendo de los conocimientos más elementales y generales sobre tecnología, hemos llegado a estudiar algunas metodologías concretas de medición del cambio técnico.

Tal como se ha visto, muchos autores atribuyen al factor tecnológico una parte muy importante del desarrollo económico. Por esta razón la variable tecnológica aparece cada vez más en el desarrollo de las diversas formulaciones del crecimiento económico. De ahí la necesidad de formalizar un cuerpo de doctrina dirigido a facilitar las decisiones de política tecnológica.

En este trabajo hemos orientado la política tecnológica dentro del marco de la política económica. La política tecnológica tendrá, por tanto, unos objetivos a conseguir por parte del experto en estas materias, ya que el político marca los objetivos y el técnico facilita los medios para su consecución. Sin pretender abarcar todo el tema, en este estudio hemos formulado unos objetivos y hemos facilitado unos elementos e instrumentos necesarios para su consecución.

Los dos apartados del final sobre el cambio técnico y su medición son importantes como punto de partida para conocer el avance del progreso técnico y, a partir de ahí, distinguir entre los efectos debidos a las medidas de política tecnológica y aquellos que hay que atribuir a las fuerzas autónomas propias del sistema económico y de la libre iniciativa. Estas últimas tienen en los países de libre mercado un peso específico mayor.