

«Un sistema tecnológico que progresa sin innovar. Aproximación a las claves de la Tercera Revolución Tecnológica en España»

El presente artículo es una visión muy general de las relaciones más importantes entre diferentes indicadores de ciencia y tecnología. Tres indicadores han recibido una especial atención: el capital humano, las exportaciones de manufacturas y la balanza tecnológica. La idea central es la realidad de un «modelo» español muy simple de progreso tecnológico. En este «modelo» el conocimiento tecnológico es importado a gran escala, y después es asimilado por un enorme número de científicos e ingenieros con una formación parca.

Artikulu honek, adierazle zientifiko eta teknologiko desberdinen artean ematen diren erlazio garrantzitsuenen ikuspegi guztiz orokor bat aurkezten digu. Eta horien artean hiru adierazleri oso arreta berezia jarri zaie: giza kapitalari, enfabrikuren esportazioei eta balantza teknologikoari. Ideia nagusia, aurrerapen teknologiko guztiz sinpleko «eredu» espainol baten errealitatea da. «Eredua» honetan, ezagutza teknologikoa, lehenengo, inportatu egiten da handizkiro, eta gero formazio eskaseko zientzialari eta injineru-kopuru handi batek beretzakotu egiten du.

These paper gives a general view of great relationships between different indicators of science and technology. Three indicators have received a special attention: human capital, export manufactures and the technological balance. The central idea is that the Spanish «model» of technological progress is very simple. In these «model» technological knowledge is imported at great scale, and after is assimilated by a huge number of scientist and engineers with skimpy formation.

- 1. Introducción.**
 - 2. La clave esencial: los recursos humanos.**
 - 3. Buscando una confirmación en la especialización comercial española (1970-1989).**
 - 4. CODA. Una reflexión para el futuro.**
- Referencias bibliográficas.**
Apéndice.

Palabras clave: Progreso tecnológico, innovación.
Nº de clasificación JEL: O3, O31, O33

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo no se apoya en un trabajo previo de investigación histórica. Es tan sólo una reflexión sobre los datos con los que se cuenta sobre la formación académica de la población española, haciendo hincapié en el personal empleado en tareas de I+D y la especialización comercial. Son precisamente estos dos temas los que dominan en los apartados 2 y 3. El período de tiempo abarcado va de los años cincuenta hasta la actualidad. Por último, el apartado 4 es una reflexión sobre el conjunto de las hipótesis planteadas en los dos anteriores.

La cuestión que vertebra todo el artículo es si en España se está dando la Tercera Revolución Tecnológica. Para entender qué es lo que se quiere decir con este

término, antes de empezar, se debe hacer una breve exposición acerca de la historia tecnológica de la Revolución Industrial. Dentro de la Revolución Industrial y siempre y cuando se entienda a ésta como un proceso largo y continuo en el que aún hoy nos hallamos inmersos, se han dado cambios tecnológicos, tan intensos para la marcha de la propia Revolución Industrial, que se pueden considerar como Revoluciones Tecnológicas dentro de la Industria. La Primera de estas Revoluciones Tecnológicas se debió al desarrollo y difusión de las máquinas de vapor desde finales del siglo XVIII hasta finales del siglo XIX. Se basaba en la explotación de los recursos naturales y en el aprovechamiento del factor trabajo como medios principales para conseguir el aumento de la producción. Los conocimientos técnicos empleados,

aunque revolucionarios en su día, no se sustentaban en tecnologías complejas derivadas del saber científico. La Segunda Revolución estuvo marcada por dos acontecimientos que nacen a finales del siglo XIX: las aplicaciones de la energía eléctrica y la utilización de los motores de explosión interna. Lógicamente, los recursos naturales y el trabajo permanecieron como la fuente primigenia de la riqueza, pero su explotación se realizó atendiendo al objetivo de conseguir mayores economías de escala. Los conocimientos técnicos necesarios para acometer esta segunda oleada, eran más complejos y necesitaban de la participación de científicos e ingenieros para llevarse a la práctica industrial. Por último, la Tercera Revolución Tecnológica (de ahora en adelante TRT) tiene en el ordenador a su mejor representante, pues se caracteriza por la utilización de procesos y productos basados en la informática y la automática. El crecimiento económico sigue teniendo sus bases en los factores tradicionales, pero ahora son las innovaciones tecnológicas las que dan en cada momento más relieve a cada uno de los factores y las economías de escala, aunque sigan vigentes, tienen que acomodarse a los principios de la producción flexible. Todo esto hace que los conocimientos técnicos que se precisan sean de una complejidad alta, en consonancia con los avances de la ciencia en cada momento (1).

Para seguir con facilidad los planteamientos generales de este trabajo, se debe entender que, cada una de las revoluciones descritas tiene sus ramas de actividad más o menos representativas en la economía actual, en función de la complejidad tecnológica y de los factores

empleados, así como del modo de explotar estos últimos.

España nunca ha jugado un papel relevante en la gestación de las Revoluciones Tecnológicas, pero sí es cierto que el país se ha ido modernizando utilizando cada vez técnicas en mayor consonancia con el devenir de los tiempos. La consecuencia ha sido una paulatina, pero al final intensa, transformación de los procesos productivos en las industrias. No se puede despreciar el estudio de las Revoluciones Tecnológicas en España por el hecho de no haber sido este país un protagonista de las mismas, o por lo que suele ser más usual, por considerar que su difusión ha sido tan lenta y exigua que mejor olvidarse de ella. Es un hecho constatable, que ya nadie se plantea que España sea un país subdesarrollado fuera de las corrientes de la difusión de la tecnología. No cabe duda al respecto de la superación de la Primera Revolución Tecnológica, e incluso de la Segunda, pero los indicadores internacionales referidos a la TRT arrojan un atraso relativo considerable en relación a la mayoría de los países de la OCDE, ello puede conducir a la conclusión de que la TRT ni siquiera ha empezado a este lado de los Pirineos, de todas formas, si el observador estuviera en Puerto Urraco las dudas serían abrumadoras.

A principios de los años setenta los insumos tecnológicos de los que se servían las empresas eran precarios: un escaso personal investigador, contratos para la importación de tecnología y un conjunto de patentes nacionales de baja complejidad tecnológica. Esta carencia condujo a un *modus operandi* en tecnología basado en la importación del conocimiento y su posterior absorción por parte de un personal científico y técnico

(1) Piore y Sabel (1991).

formado para asimilar y acomodar la tecnología foránea. La creación y evolución de ese capital humano se convierte, por tanto, en el tema clave para entender el particular *modus operandi* en el progreso técnico y tecnológico español.

2. LA CLAVE ESENCIAL: LOS RECURSOS HUMANOS

La preocupación por formar un personal calificado para la investigación aplicada en el ámbito del trabajo industrial históricamente ha merecido una escasa atención desde antiguo por parte, tanto del Estado como de los empresarios. Muestra de ello son las pocas instituciones de investigación aplicada con que contaba España antes de la Guerra Civil. Sólo se pueden citar como tales tres: el Laboratorio de Automática de Leonardo Torres Quevedo, el Laboratorio de Cuatro Vientos del Comandante Emilio Herrera y el Instituto Químico de Sarria (2). La escasez era más acentuada en las empresas. Únicamente ciertas firmas de los sectores de la química, de la fabricación de material eléctrico y de la aeronáutica contaban con laboratorios propios en sus fábricas. Sin embargo, la inquietud por el desarrollo de las ciencias aplicadas iba calando gracias a que la base científica del país había aumentado con la labor de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (3). La Guerra Civil y la posterior purga del Primer Franquismo esquiló a la élite científica e intelectual y mermó el escaso capital humano (4). Sin embargo, ello

no se consideró, por parte de las nuevas autoridades, impedimento para realizar una apuesta importante en favor de la investigación aplicada, apuesta que se fraguaría con el refuerzo del Patronato de Investigación Técnica «Juan de la Cierva», en 1945. El desajuste entre los objetivos y la realidad fue inevitable dado que se carecía del personal formado adecuadamente para el desarrollar la multitud de programas que se acometieron en aras del aprovechamiento de unas, teóricamente, «exultantes» materias primas nacionales. Tras diez años, el Patronato hubo de acomodarse a la modesta realidad del país y en vez de capitanear un cambio tecnológico pasó a ser una institución sin rumbo, que en el mejor de los casos sirvió de centro de formación y asistencia para las empresas y entre ellas especialmente las públicas. Coincidiendo en el tiempo, es decir, en la década de los años cincuenta, el sistema educativo empezó a generar un número apreciable de licenciados, ingenieros y peritos con una calificación aceptable para hacer frente a las necesidades de la Segunda Revolución Tecnológica (SRT). La relación entre el número de universitarios y la población iba acercándose a la media europea (5). Fue así como la actividad económica de los años sesenta contó con un capital humano, formado en el decenio precedente, relativamente numeroso. Ahora bien, siendo cierta la existencia de ese personal calificado, dispuesto a trabajar en el ámbito de las tecnologías propias de la SRT, también es verdad que la falta de previsión en la acumulación de

(2) Gómez Mendoza y López García (1992) y Puig Raposo y López García (1992).

(3) García Santasmases (1980); Glick (1986) y (1988); Glick y Sánchez Ron (1988); Sánchez Ron (coordinador) (1988) y Sánchez Ron (1988).

(4) López García (1988) y (1991).

(5) En 1950 España contaba con 185 universitarios por cada 100.000 habitantes frente al conjunto europeo (compuesto por Italia, G.B., Francia, R.F.A., Holanda, Irlanda, Portugal y Grecia) que era de 254 universitarios. Para la obtención de los datos de educación, véase ONU (1971-1989); UNESCO (1975-1989) y Mitchell (1975).

capital humano, que se pudiese acomodar a la TRT, iba a gravitar sobre la economía española de los años setenta. El sistema educativo, aunque tarde, reaccionó, poniendo los medios para que se pudiera formar un gran número de universitarios hasta alcanzar las cotas europeas en 1975 (6). La tendencia se reforzó y en 1980 España superaba la media europea de universitarios matriculados (7). La existencia de estos altibajos en la formación de la masa crítica de capital humano, afectó negativamente a la evolución de la parte cualitativamente más relevante desde la perspectiva del desarrollo tecnológico: los ingenieros. El crecimiento en la matrícula de los ingenieros data del período 1955-1962 (8). Ahora bien, el número de titulados ingenieros nunca ha superado una relación del 8% con respecto a los que comenzaban el año académico correspondiente (9). Al contrario de lo que sucedió en el conjunto de los universitarios, los ingenieros titulados no han tenido un aumento cuantitativo destacable desde 1975. Ello se debe, en gran medida, a que la plantilla del profesorado se ha estabilizado desde mediados de los setenta (10). Esta situación ha hecho que España se encuentre lejos del número medio europeo de ingenieros titulados; por ejemplo, Italia multiplica por tres las cifras españolas (11). Se llega así a una primera

(6) En 1975 España contaba con 1.518 universitarios por cada 100.000 habitantes frente al conjunto de Europa que tenía 1.555 universitarios, ONU (1971-1989), UNESCO (1975-1989) y Mitchell (1975).

(7) En 1980 la media de los países europeos escogidos era de 1.724 universitarios por cada 100.000 habitantes y en España era de 1.859 universitarios, ONU (1971-1989).

(8) En el curso 1955-56 había 4.429 matriculados y 608 profesores, diez años después eran 31.480 matriculados y 2.166 profesores. INE (1975-1987).

(9) En 1965 la relación matriculados/licenciados arroja un 5,2%, en 1975 un 7,4% y en 1985 un 5,3% [IN (1975-1987)].

(10) 4.311 profesores en el curso 1975-76 y 4.845 en el curso 1985-86. INE (1975-1987).

conclusión: capital humano existe, pero tanto su composición como su preparación para la TRT, y en general para el desarrollo tecnológico, no es la adecuada. Además, su formación es, en comparación con la media europea, demasiado barata para ser tan efectiva como aquella. El porcentaje del PNB que el Estado español ha gastado en su sistema educativo en el último medio siglo ha sido uno de los más bajos de Europa, e incluso desde 1975 el más bajo de la muestra elegida (12). Con estas características del capital humano, la actividad económica no se ha podido permitir veleidades innovadoras, sino tan sólo tareas de «acomodación» de la tecnología extranjera.

Con todo, la gestación del conjunto de licenciados, ingenieros y peritos ha cambiado la tradicional característica del ínfimo nivel de formación en la fuerza laboral española frente a la europea. La economía española desde los años sesenta ha incorporado un personal laboral calificado, sin duda, para sostener la SRT e incluso la automatización de los procesos de fabricación de la misma, pero la capacidad para hacer frente a la TRT depende sobremanera de la actividad económica en la que se fije la atención. Los estudiantes, una vez trabajando en el sistema productivo en actividades para las que se necesita una calificación de segundo grado universitario, pasan a representar el número potencial de científicos e ingenieros sobre los que se asienta la actividad económica (13). Dicho número potencial era muy bajo en España con

(11) ICS (1976-1987).

(12) Véase la nota número 5.

(13) Para UNESCO el número potencial de científicos e ingenieros incluye la población del país que trabaja desempeñando funciones especialmente indicadas para estas categorías, sin la necesidad de tener que contar con el título de científico o ingeniero UNESCO (1975-1989).

respecto a Europa a finales de los años sesenta (14). Las diferencias se acortaron en los años setenta y principios de los ochenta hasta pasar de una relación de 3,3 en 1969, a 1,2 ingenieros y científicos más en Europa que en España en 1985 (15). Pero este crecimiento tenía debilidades. Del conjunto de científicos e ingenieros potenciales los dedicados a labores de I + D eran y son escasos. El problema es la parquedad en el número de los científicos e ingenieros que realizan las tareas más avanzadas en la economía. En 1970 por cada 100.000 españoles 18 realizaban labores de I + D, mientras, la medida europea era cinco veces superior. En 1975 la situación había mejorado muy poco (16). Desde esta fecha asciende el número de personal dedicado a I + D hasta llegar a 1980, fecha en la que era tres veces inferior el dato español al europeo en términos relativos comparados. Pero a partir de entonces la situación no ha mejorado respecto a la media europea y, cuando lo ha hecho, a través de una política de aumento de becarios, se ha caracterizado por la dificultad que el sistema de ciencia y tecnología (tanto privado como público) tiene para asegurar a largo plazo la estabilidad de un personal altamente calificado (17). Esto revela dos hechos, primero, que la calidad del capital humano en relación a las tareas que es capaz de

realizar estaba y está muy por debajo de la masa potencial de científicos e ingenieros con que se contaba y se cuenta en la población y, segundo, que el capital humano está dividido en dos: por una parte el altamente calificado, más escaso y, por otra, un personal formado apresuradamente bajo el signo de un sistema educativo masificado y barato. España ha realizado un esfuerzo importante, aunque criticable dada la baja cota de partida. Puede argumentarse que esta conclusión es errónea, puesto que un análisis del esfuerzo realizado para aumentar, tanto el número potencial de científicos e ingenieros, como el personal dedicado a I + D entre 1970 y 1975 en España, arroja que es uno de los más altos del mundo. Sin embargo, el modelo español está desprovisto de las virtudes que hacen posible que un país esté presente en el grupo de creadores de innovaciones tecnológicas. Comparte con países como Cuba, México y Perú crecimientos espectaculares debido a los bajos puntos de partida, pero carece de la constancia de Suecia, Canadá e Italia para mantener el crecimiento cuando el número de científicos empieza a ser importante. El esfuerzo hecho por Corea del Sur en el período 1970-1985 es revelador de la magnitud del crecimiento en la calidad del capital humano a la que, un país como España, debería enfrentarse para participar en el grupo de países productores de innovaciones tecnológicas (18).

España palió sus debilidades poniendo sus recursos humanos y materiales al

(14) 571 científicos e ingenieros por cada 100.000 habitantes frente a los 1.900 de la media Europea UNESCO (1975-1989).

(15) En 1985 España contaba con 3.082 científicos e ingenieros por cada 100.000 habitantes y la media europea era de 3.707. UNESCO (1975-1989).

(16) En 1975 España tenía 22 científicos e ingenieros dedicados a I+D por cada 100.000 habitantes, frente a la media de los países europeos escogidos que era de 99,4. UNESCO (1975-1989).

(17) En 1980 había 38 españoles de cada 100.000 que se dedicaban a labores de I+D, en Europa eran 111,4. En 1985 los españoles presentes en estos puestos eran de cada 100.000 sólo 42, mientras que los europeos ya tenían 134,7. UNESCO (1975-1989).

(18) En 1970 Corea del Sur tenía 5.628 científicos e ingenieros dedicados a actividades de I+D, España 5.842. La población total era similar y la diferencia más notable radicaba en que España tenía un PIB el doble de grande que Corea del Sur. En 1985 Corea del Sur tenía 41.473 científicos e ingenieros dedicados a tareas de I+D y España 16.215, UNESCO (1975-1989).

servicio de una prioridad: acomodar la tecnología importada. Si se buscan los indicadores tecnológicos en los que descuella España en el ámbito internacional aparecen dos que apoyan esta hipótesis. En traducciones de libros y folletos de tema científico y técnico España, a principios de los años ochenta, ya era el segundo país del mundo (19). En la realización de contratos de transferencia de tecnología también se había situado entre los mayores compradores mundiales en términos absolutos y en algunos momentos el primero en términos relativos en función de su PIB o población (20). El quid está en que en la economía de este país la tecnología es ante todo un insumo (la tasa de cobertura española oscila entre el 18 y el 30%) que debe ser importado, mientras que para el resto de países industrializados es un producto y un insumo que se vende y compra en montos similares (21). En España se «fuerza» al personal dedicado a la I + D a hacer acomodación de la tecnología importada para que ésta se integre en la actividad económica. Es esa tecnología ya «acomodada» la que utilizan el resto de científicos e ingenieros presentes en la actividad económica utilizándola como el insumo tecnológico básico de nuestra economía.

Dada la baja importancia de la innovación tecnológica para la base técnica de la actividad económica, el capital humano dedicado a esa labor es un grupo reducido. Además, es difícil discernir qué cantidad de personas dedicadas a labores de I + D realmente

llevan a cabo tareas bien de investigación, bien de innovación, bien de desarrollo, o bien de «acomodación». Una idea al respecto nos la pueden dar los gráficos que se presentan a continuación, pero debemos asumir antes la siguiente hipótesis: para las tareas de investigación, innovación y desarrollo avanzado se requiere una formación de grado superior (licenciado o ingeniero).

El gráfico n.º 1 muestra, que aproximadamente menos de la mitad del personal dedicado a I + D (columnas bajo epígrafe TOTAL) en el período 1971-1988 tenía el grado de licenciado o ingeniero (columnas bajo epígrafe Cel —Científicos e Ingenieros—), y que por tanto tan sólo esta parte estaba capacitada para investigar e innovar. De este personal capacitado para investigar e innovar poco menos de la mitad ha estado realizando tareas de ingeniería y tecnología en las que estarían presentes las innovaciones y los desarrollos (columnas bajo epígrafe Cel en IyT —Científicos e Ingenieros empleados en actividades de Ingeniería y Tecnología—).

Este personal, que ha estado realizando innovaciones y desarrollos, se ha ido concentrando en las empresas cuyas actividades requieren tecnología más moderna, las cuales, con el tiempo, han llegado a absorber más de la mitad de ese personal (véase en el gráfico n.º 2 la evolución de la columna bajo el epígrafe D —Científicos e Ingenieros empleados en las empresas industriales de complejidad tecnológica alta—).

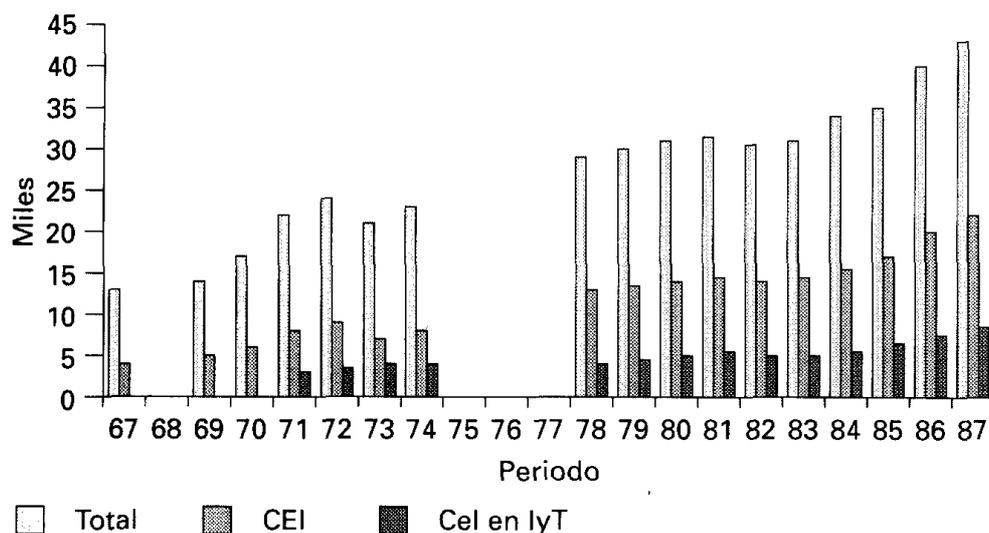
Una primera conclusión sería que menos de una cuarta parte del personal dedicado a I + D estaría realizando tareas de investigación e innovación. Es decir, que en el año 1987, por ejemplo, habría aproximadamente 9.000 personas

(19) Méndez y Gómez (1986); Terrada y López Piñero (1990).

(20) Sánchez Muñoz (1988) y (1992); Buesa (1992); Buesa y Molero (1988) y (1989); Molero (1992) y OCDE (1979), (1981), (1984), (1986) y (1987).

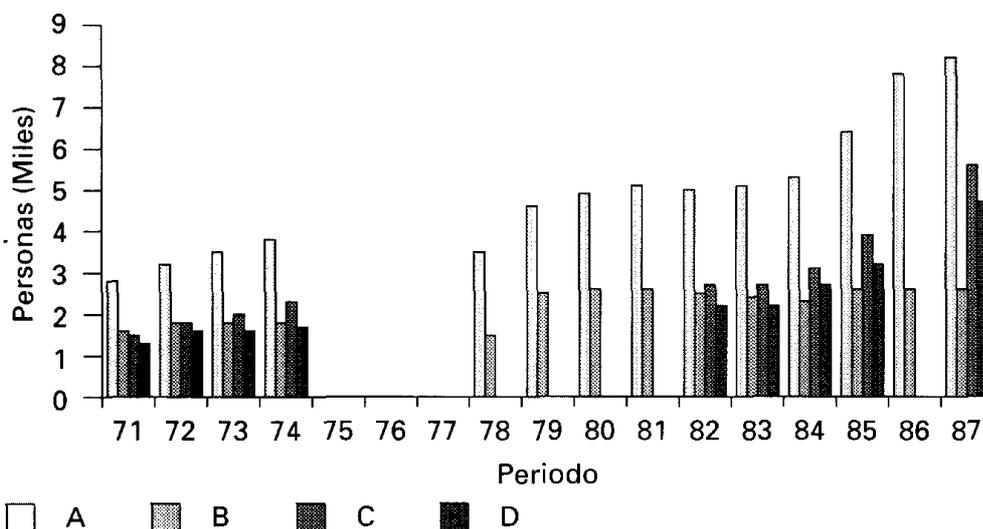
(21) En 1990 la tasa de cobertura fue 19,27%, en 1991 28,70%. Sánchez Muñoz (1992).

Gráfico n.º 1 **Personal empleado en tareas de I+D en España (1971-1987)**
(Equivalencia a dedicación plena)



Cel = Científicos e Ingenieros, IyT = Ingeniería y Tecnología.
Fuente: INE (1975-1988).

Gráfico n.º 2. **Científicos e Ingenieros empleados en I+D en España (1971-1987)**
(Equivalencia a dedicación plena)



A, B, C y D: A, Científicos e Ingenieros dedicados a labores de Ingeniería y Tecnología; B, Científicos e Ingenieros dedicados a labores de Ingeniería y Tecnología en las instituciones públicas; C, Científicos e Ingenieros en las empresas industriales; D, Científicos e Ingenieros en las empresas industriales de complejidad tecnológica alta. Para la clasificación empleada en la complejidad tecnológica véase la tabla 3 del Apéndice.
Fuente: INE (1975-1988).

dedicadas en España a investigar e innovar (gráfico n.º 1, columnas bajo el epígrafe Cel en IyT y gráfico n.º 2, columnas bajo el epígrafe A —Científicos e Ingenieros en actividades de Ingeniería y Tecnología—).

La cuestión ahora sería saber quién realiza entonces las inmensas tareas de absorber la tecnología foránea y, posteriormente, transformarla en tecnología utilizable por el conjunto de ingenieros y científicos que trabajan en la economía española. La respuesta es difícil, puesto que en uno u otro momento el personal dedicado a tareas de I + D ha realizado labores de «acomodación», y también parte del conjunto de científicos e ingenieros que trabajan y que no están incluidos en las estadísticas de I + D. Hoy por hoy no contamos con información para responder a esta cuestión, pues estamos desprovistos de estudios detallados de las características de los trabajos de investigación.

Sabemos que el personal que realiza labores de I + D cada vez está más calificado (véase en el gráfico n.º 3, cómo las columnas bajo el epígrafe Cel — Científicos e Ingenieros— van acortando distancias con las columnas bajo el epígrafe A —Personal de I + D que no es científico ni ingeniero—), y portante parece indudable que, a lo largo del período estudiado, la capacidad del personal de I+D para innovar e investigar en tecnología ha crecido. Esto no quiere decir que no haya aumentado también la capacidad para «acomodar tecnología». Nuevamente se plantea la cuestión de cuánto personal se dedica a «acomodar tecnología». La respuesta seguramente sea la mayoría. Sólo un análisis de la calidad de cada trabajo desarrollado por el personal dedicado a tareas de I + D podría

darnos la respuesta correcta, pero falta la información necesaria.

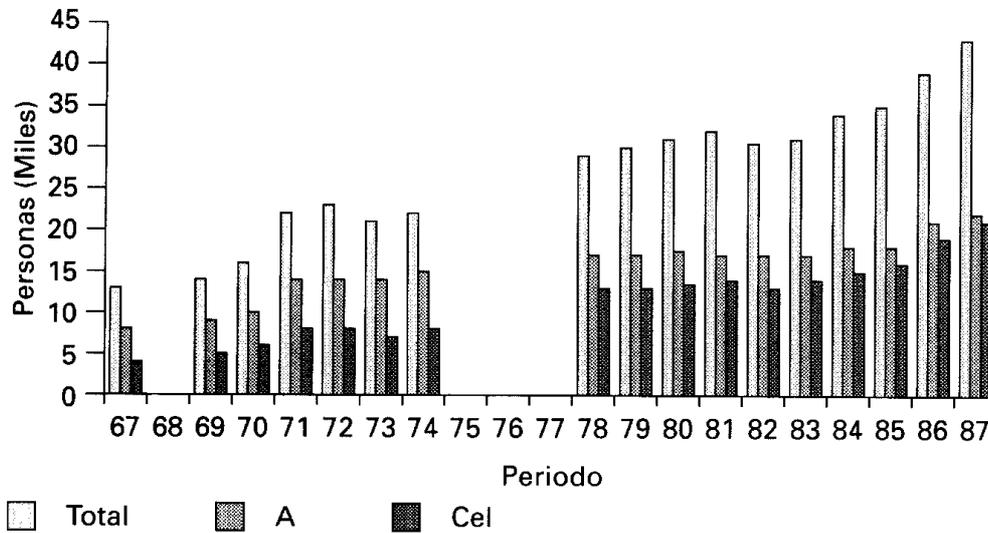
En los gráficos n.ºs 4 y 5 se puede apreciar cómo el personal, empleado en tareas de I + D en la industria, se concentra en las ramas de actividad que tienen una mayor complejidad tecnológica (22).

La participación en tareas de I + D que se realiza en las ramas de actividad de media y baja complejidad tecnológica es minúscula, por tanto, el esfuerzo se concentra en las ramas de alta complejidad tecnológica. No se puede afirmar de manera tajante que el personal de las empresas, cuya actividad se ha considerado como de alta complejidad tecnológica, sólo esté haciendo «acomodación», pero dada la baja aportación española a las tecnologías de alta complejidad —apreciable por la escasa presencia en patentes, premios y publicaciones en los mercados internacionales— resulta más lógico pensar que ese personal está «acomodando» tecnología, y que a veces esa acomodación da nuevos desarrollos e incluso innovaciones secundarias. Resulta prematuro llegar a la siguiente conclusión, pero tal vez sea fructífera: el sistema español de ciencia y tecnología no tiene como objetivo la consecución de innovaciones y desarrollos, su objetivo prioritario es la «acomodación de la tecnología» importada y sólo como consecuencia del trabajo de «acomodación» consigue innovaciones y desarrollos.

Esta prioridad del sistema tiene ventajas y problemas. La ventaja principal es que es una manera muy barata de

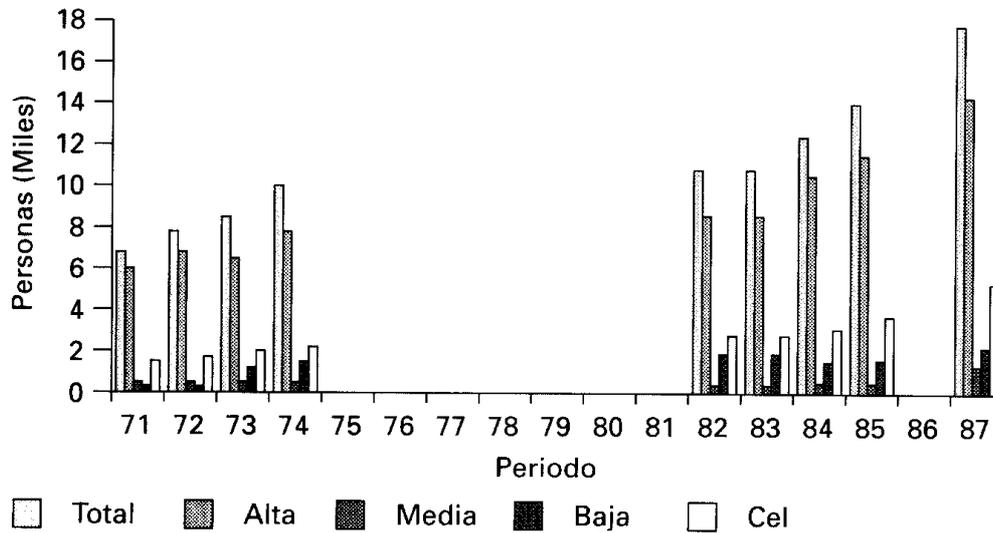
(22) Petroquímica, energía eléctrica, química, farmacia, ordenadores, instrumentos de precisión, material eléctrico, máquinas industriales, aeronáutica, material de transporte —especialmente automóviles y sus componentes—, Buesa y Molero (1988), pp. 49 y 50.

Gráfico n.º 3 **Personal empleado en tareas de I+D en España (1967-1987)**
(Equivalencia a dedicación plena)



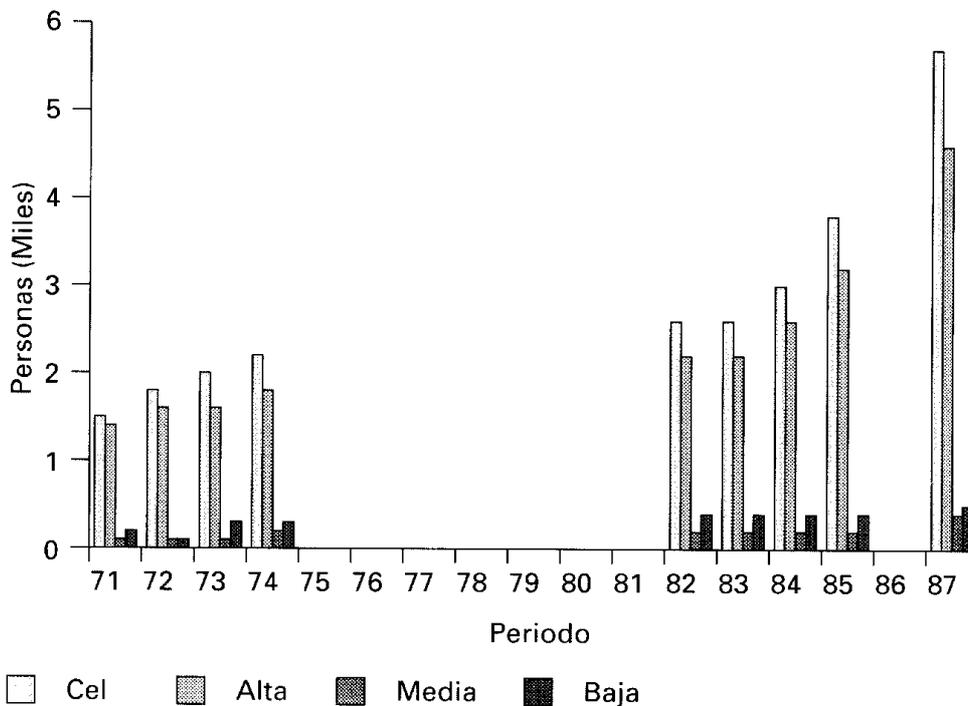
A = Personal que no es ingeniero ni científico, Cel = Científicos e Ingenieros.
Fuente: INE (1975-1988).

Gráfico n.º 4. **Personal empleado en tareas de I+D en la industria española (1971-1987).**
Distribución según complejidad tecnológica de las ramas de actividad
(Equivalencia a dedicación plena)



Cel = Científicos e Ingenieros.
Fuente: INE (1975-1988).

Gráfico n.º 5. **Científicos e Ingenieros empleados en tareas de I+D en la industria española (1971-1987). Distribución según complejidad tecnológica de las ramas de actividad**



Fuente: INE (1975-1988).

mantenerse dentro de los límites de la modernidad tecnológica sin tener que hacer grandes esfuerzos en formación de capital humano y medios de investigación. El problema es *La inestabilidad del sistema a largo plazo*, especialmente apreciable en situaciones de crisis internacional, cuando la sensación de «estar perdiendo el tren tecnológico» se extiende entre los analistas en perspectiva económica. Para entender esas pérdidas de confianza hay que partir de la realidad de que el insumo tecnológico viene de fuera y, por tanto, cualquier contrariedad en el mercado internacional de la compra de tecnología, un mercado en extremo sensible y mediatizado, lleva a la escasez de tecnología y a la paralización del proceso

de modernización (23). Es en esos momentos cuando la prioridad del sistema —«acomodar tecnología»— deja ver la incapacidad que ha provocado para que el sistema pueda trabajar con el objetivo de innovar y desarrollar. Esta *inestabilidad* también se aprecia utilizando un indicador del impacto tecnológico, como es el comercio de productos de alta complejidad tecnológica.

(23) Al respecto del tipo de mercado en el que se mueve la tecnología seguimos las ideas de Dosi: «...una parte importante del conocimiento tecnológico no fluye con facilidad entre los diferentes países, sino que se acumula en las empresas en forma de trabajadores especializados, de tecnología propia y de «know-how» difíciles de copiar», Dosi (1992), p. 184.

Cuadro n.º 1. **Exportaciones y Ventajas comparativas según intensidad tecnológica**

Intensidad Tecnológica	EXPORTACIONES (%)			ÍNDICE DE CONTRIBUCIÓN AL SALDO		
	1970	1985	1989	1970	1985	1989
Alta	8,3	10,8	14,9	-11,6	-15,7	-14,6
Media	22,0	30,3	41,1	-21,5	4,6	0,0
Baja	69,5	55,7	43,8	33,2	20,3	14,6

Fuente: Alonso (1991a).

3. BUSCANDO UNA CONFIRMACIÓN EN LA ESPECIALIZACIÓN COMERCIAL ESPAÑOLA (1970-1989)

Entre 1970 y 1985 mejoró la complejidad en las ventas de los bienes españoles que tenían un mayor grado de complejidad tecnológica (24). Descendió el peso relativo de las actividades de baja intensidad tecnológica en beneficio de las de alta y, sobre todo, media intensidad, pero en cualquier caso, es en las industrias de media y baja intensidad tecnológica donde España ha asentado sus ventajas comparativas (véase cuadro n.º 1).

Un análisis detallado de estas ventajas (utilizando como indicador el índice de contribución al saldo) (25), por ramas de actividad industrial, como el que ha realizado Alonso, pone de manifiesto que las actividades en las que se daban las mayores ventajas comparativas a principios del decenio de los sesenta

(24) La clasificación de la complejidad tecnológica de las ramas de actividad industrial de los informes de la OCDE que difiere, no de manera sustancial, de la utilizada en el apartado anterior y que se basaba en la de Buesa y Molero (1988), pp. 40 y 50,

(25) Guerrieri (1990), p. 244.

(actividades que son propias de la Primera Revolución Tecnológica y principios de la Segunda como alimentación, bebidas, textiles, confección, calzado, piel, manufacturas del papel e impresión, refinado de petróleo, neumáticos, productos metálicos y construcción naval) fueron disminuyendo su contribución al saldo global de la industria hasta mediados de los ochenta (26). Durante el mismo período la mayoría de los sectores con mayor complejidad tecnológica (electrónica, maquinaria de oficina, instrumentos científicos y de precisión, óptica y fotografía) empeoraron su ya desventajosa posición. Por contra, el saldo fue mejorando para algunos grupos hasta llegar el año 1985, momento en el cual alcanzaron pequeñas ventajas

El índice de contribución al saldo comercial se calcula del siguiente modo:

$$ICS_i = \left[\frac{X_{ij} - M_{ij}}{(X_{im} + M_{im})/2} - \frac{X_{im} - M_{im}}{(X_{im} + M_{im})/2} \right] \times \frac{X_{ij} + M_{ij}}{(X_{im} + M_{im})} \times 100$$

X_{ij} = Exportaciones del país i en el sector j

M_{ij} = Importaciones del país i en el sector j

X_{im} = Exportaciones totales de manufacturas del país i

M_{im} = Importaciones totales de manufacturas del país i

(26) Véase Alonso (1991b), cuadro n.º 7, p. 55.

Cuadro n.º 2. **Exportaciones y Ventajas comparativas según la intensidad de los factores**

Fuentes de las ventajas	EXPORTACIONES (%)			INDICE DE CONTRIBUCIÓN AL SALDO		
	1970	1985	1989	1970	1985	1989
RECURSOS NATURALES	37,1	27,8	22,7	17,0	4,4	7,8
TRABAJO	20,7	15,9	13,9	12,8	7,5	3,3
ECONOMÍAS ESCALA	27,0	40,2	40,7	-5,5	10,3	8,8
INNOVACIÓN	15,0	6,5	22,5	-24,3	-22,2	-19,5
— Científica	3,0	6,1	8,6	-7,6	-9,2	-6,5
— De mercado	12,0	10,4	13,9	-16,7	-13,0	-13,0

Fuente: Alonso, 1991b, cuadro 10. p. 69.

comparativas en el mercado nacional e internacional actividades tales como: desinfectantes y fertilizantes, productos químicos especializados no farmacéuticos, plásticos, cerámica y vidrio. Mayores ventajas lograron: metales no férricos, otros productos no metálicos, maquinaria para metales e hierro y acero. Por último, la fabricación de automóviles consiguió destacar por encima de todos en la consecución de ventajas comparativas. Salvo en los bienes de alta intensidad tecnológica el comercio español había mejorado sus posiciones en sectores industrialmente complejos, caracterizados por las economías de escala.

Desde el punto de vista de los factores de producción, al inicio de los años setenta la especialización española se asentaba en las ramas de actividad industrial más intensivas en la utilización de recursos naturales y trabajo. En 1985 la situación había variado. Ahora eran los sectores caracterizados por las economías de escala (siderurgia, química industrial y automóvil) los que concentraban la mayor parte de la exportación industrial (véase cuadro n.º 2).

Las bases de las ventajas comparativas eran las economías de escala y la utilización de tecnologías de complejidad media. En 1985, a las puertas de la CEE, España se presentaba como un país industrializado, pero con una estructura muy confiada en las economías de escala como elemento de competitividad. Al mismo tiempo se aprecia la incorporación a marchar forzadas de los procesos de fabricación flexible propios de la TRT, ya ensayados con éxito por la mayoría de nuestros nuevos «compañeros», los países miembros de la CEE (27). El análisis de las ventajas comparadas de los productos industriales españoles en 1985, desde la perspectiva del comercio, plantea la falta de acomodación tanto a los patrones de producción flexible como a la oferta de innovaciones en industrias que utilicen tecnologías de complejidad alta, hechos ambos que caracterizan los problemas de absorción de la TRT (28).

(27) «Parecía como si nuestras exportaciones se concentraran en general en sectores ya maduros de la industria mundial en los que vamos ganando competitividad en base a una renovación de nuestras conexiones internacionales», Castells (1990), p. 305.

(28) Piore y Sabel (1990).

Si se hace un estudio por ramas de actividad, los logros habidos en la consecución de la Segunda Revolución Tecnológica vuelven a destacarse muy por encima de los conseguidos con respecto a la TRT. Desde mediados de los años ochenta en adelante el sector de la fabricación de automóviles es el que más exportaciones registra dentro de las actividades industriales, pero es competitivo en la gama baja del sector, de tal forma que el valor añadido vía componentes de alta complejidad tecnológica es relativamente bajo. En el mismo período la sidero-metalurgia mantuvo saldos positivos, pero las ventajas comparativas descendieron velozmente. La química y el sector de la construcción de maquinaria mantendrían, pero sólo en algunas ramas (química industrial, fibras sintéticas, resinas, materias plásticas, farmacia, maquinaria genérica y generadores eléctricos y no eléctricos), tendencias equilibradoras respecto al saldo de importaciones (29). La situación expuesta confirma el afianzamiento de la competitividad en unos productos industriales fabricados en serie (economías de escala propia de la SRT) y, por tanto, con una baja componente de diferenciación en el producto final (propio de la TRT), aunque el esfuerzo por automatizar el proceso sí esté introduciendo cambios de calidad en el conjunto de la producción.

Sin embargo, este panorama tan sólo favorable para la SRT, debe de ser apreciado teniendo presente dos matices relacionadas con la TRT. Primero, algunos sectores no basados en economías de escala, que utilizan tecnologías de complejidad media y alta,

(29) Para una mayor especificación véase Alonso (1991b), cuadro n.º 10.

consiguieron exportar ya a finales de los años ochenta. Estos nuevos sectores «locomotora», en palabras de Castells, fueron armamento, juguetes, joyas, maquinaria y equipos mecánicos (30). La actividad de fabricación de armamento encontró su nicho en el mercado internacional gracias a una elevación de su capacidad tecnológica y al apoyo del Ministerio de Defensa (31). Juguetes y joyas consiguieron mejores resultados a partir de la mejora de los diseños y acomodación a las especificaciones para la comercialización en mercados de países de alta renta. Maquinaria y equipos mecánicos supieron recoger la tradición, sobre todo vasca, de la máquinaherramienta mecánica y modernizarla incorporando control numérico y automatización, lo cual les permitió recobrar mercados perdidos y abrir nuevos rumbos de exportación (32). Las ventajas en las que asentaron todas estas actividades sí se encuadran dentro de las bases tecnológicas de la TRT. Segundo, los productos que fabricaba y exporta la industria española eran y son cada vez más avanzados técnicamente hablando. Un sector puede ser caracterizado como de baja complejidad tecnológica (alimentación por ejemplo), mientras que sus productos están diseñados y producidos con tecnologías de la TRT, lo que hace de ellos bienes técnicamente más complejos (33).

(30) Castells (1990), pp. 306-307. A las actividades señaladas habría que sumar la aeronáutica, con una tasa de crecimiento de las exportaciones entre 1985 y 1988 del 239,5%, pero se ha preferido no redundar en un mercado tan imperfecto como este, donde los acuerdos entre gobiernos desvirtúan la competencia tecnológica de las empresas contrincantes.

(31) Molas Gallart (1990).
(32) Crespo (1989); Frías (1988) y Ormachea (1987).

(33) Respecto al tema de la modernización en informática y en automática véase las conclusiones de Castells (1990), pp. 323-325.

Si ahora volvemos a repasar los índices de contribución al saldo según la intensidad tecnológica (véase cuadro n.º 1), podemos encontrar algunas explicaciones globales del proceso de modernización tecnológica de la industria.

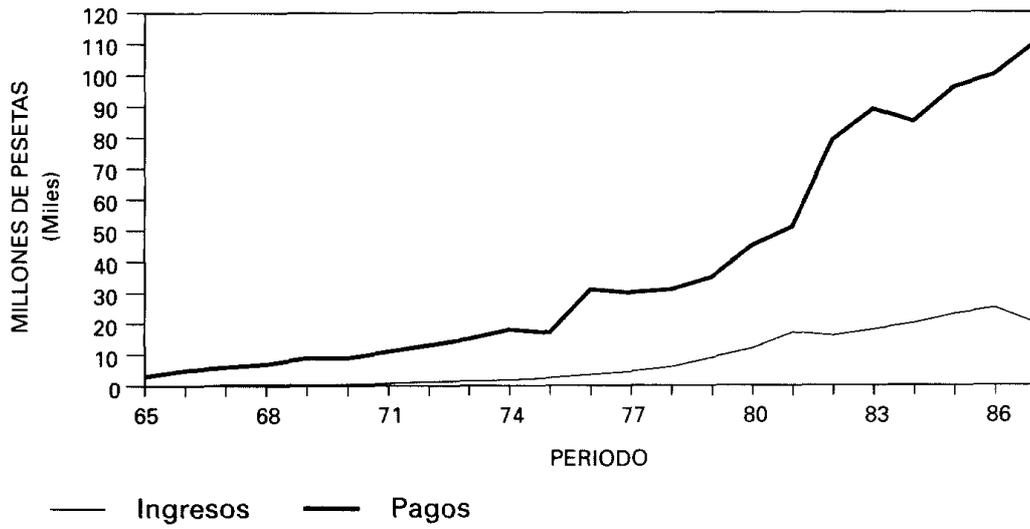
En 1970 las ventajas comparativas de los sectores de baja complejidad tecnológica servían para cubrir las desventajas en los sectores de media y alta intensidad tecnológica (especialmente en los de media). En 1985, nuevamente, las ventajas comparativas de los sectores de baja intensidad cubren las desventajas de los sectores de media y alta intensidad, pero la estructura ha variado profundamente, pues son las desventajas en los sectores de alta intensidad las que suponen la mayor parte que tiene que cubrirse —la tarea de «acomodación» en su punto álgido—. Por último, en 1989 los sectores de complejidad media han equilibrado su saldo, y los sectores de baja intensidad cubren, por tanto, el 100% de las desventajas de los de alta intensidad tecnológica. Una vez aquí se plantea la necesidad de adoptar una perspectiva de análisis, o bien optimista, o bien pesimista. La primera entiende que, gracias a las buenas tendencias de las ventajas comparativas de los productos de intensidad media, las exportaciones de estos podrán cubrir en el decenio de los noventa las desventajas en los sectores de intensidad tecnológica alta, tal y como ha sucedido en la mayoría de los países de la OCDE. La segunda plantea que, las llamadas ventajas comparativas tradicionales españolas (basadas en recursos naturales y bajas intensidades tecnológicas, todo ello propio de la Primera Revolución Tecnológica) van desapareciendo, lo cual va a limitar las posibles importaciones de media y alta complejidad tecnológica y, por tanto, la modernización del país.

Si se adopta por una perspectiva pesimista habría que admitir la decadencia en la producción y calidad de nuestras exportaciones propias de la Segunda Revolución Tecnológica, pero lo cierto es que el sector más representativo de la misma, el automovilístico, no ofrece, ni muchos menos, esta situación. Para dismantelar la posición pesimista cabría buscar respuestas en la balanza tecnológica. No cabe duda sobre el déficit tecnológico que arrastra la economía española desde que se olvidaron las veleidades autárquicas del Primer Franquismo (véase el gráfico n.º 6); ahora bien, la tasa de crecimiento media anual de los ingresos por venta de tecnología (20,89% anual para el período 1965-1987) es superior a la de los pagos (18,57% anual).

La exportación de asistencia técnica es la responsable de este crecimiento en su práctica totalidad (compárese la curva de ingresos del gráfico n.º 6 con la curva del gráfico n.º 7). Aunque las cifras están en pesetas corrientes, es indudable que ha habido dos cambios de tendencia en la exportación de asistencia técnica. Un primer momento es 1977, año a partir del cual y hasta 1981 se vende asistencia técnica relacionada con los conocimientos de la SRT ya asimilada por el capital humano, mas ha quedado obsoleta ante los procesos de automatización. La tecnología española asociada a la SRT resulta aceptable en el mercado internacional hasta 1982, año en el que se reduce la tendencia, puesto que España no puede ofrecer asistencia técnica de alta complejidad tecnológica propia de la TRT.

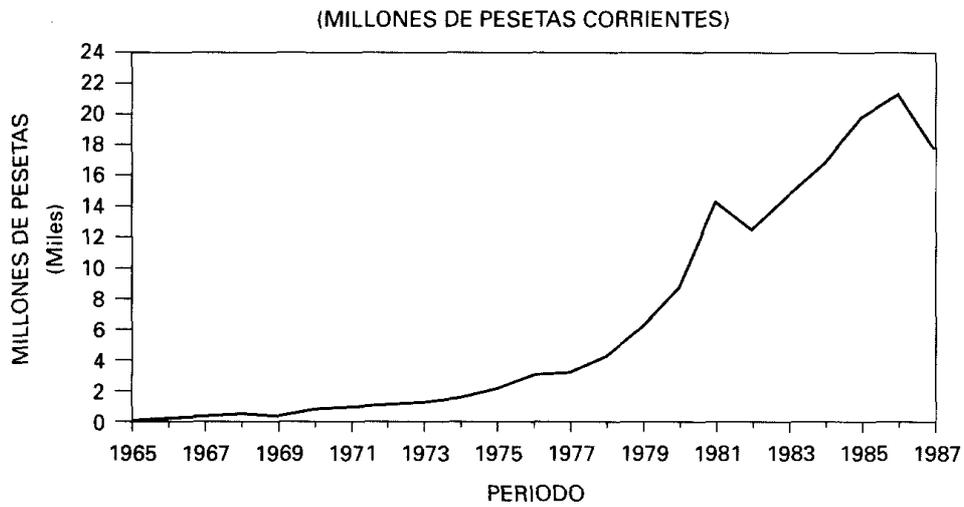
Desde 1967 España entró en una crisis absoluta de la exportación de sus patentes (véase en el gráfico n.º 8 los ingresos por royalties), patentes asociadas al mundo de la Primera

Gráfico n.º 6. **Balanza Tecnológica española (1965-1987)**



Fuente: Sánchez Muñoz (1988), p. 267.

Gráfico n.º 7. **Ingresos por asistencia técnica (1965-1987)**



Fuente: Sánchez Muñoz (1988), p. 267.

Revolución Tecnológica y al principio de la Segunda, patentes por tanto de baja y media complejidad tecnológica. Para poder absorber, acomodar y generar tecnología plenamente de la SRT y de la incipiente TRT, España, a partir de 1977, inicia una compra masiva de tecnología (véase la brecha que se abre entre las curvas del gráfico n.º 6), a la vez que vende, o mejor habría que decir, que se desprende de tecnología ya asimilada y obsoleta (gráfico n.º 7). En 1982 el proceso habría empezado a dar sus frutos al conseguir incrementar la exportación de asistencia técnica generada ahora en el período de aprendizaje y acomodación iniciado a principios de los años setenta (34).

El cambio del modelo de desarrollo tecnológico en 1966 (gráfico n.º 8) permitió la plena incorporación de la SRT por medio de la «acomodación» de la tecnología extranjera. La brecha en la balanza tecnológica creció rápidamente (gráfico n.º 6) y mostró de manera palmaria que el sistema económico español estaba ávido de conocimientos técnicos, y además, que era capaz de asimilarlos a buen ritmo gracias al capital humano acumulado desde los años cincuenta. Entre los pagos por importación de tecnología también empezaron a entrar conocimientos de la TRT mucho más complicados de asimilar, que han llevado a las empresas a reforzar sus medidas a favor de la «acomodación» de tecnología extranjera centrando a su personal dedicado a tareas de I + D en esa misión (véanse en los gráficos n.ºs 4 y 5 las columnas referidas al personal empleado en tareas de I + D en sectores industriales de alta complejidad tecnológica).

(34) El dato de 1987 está distorsionado por el cambio legislativo sobre patentes y propiedad industrial de 1986.

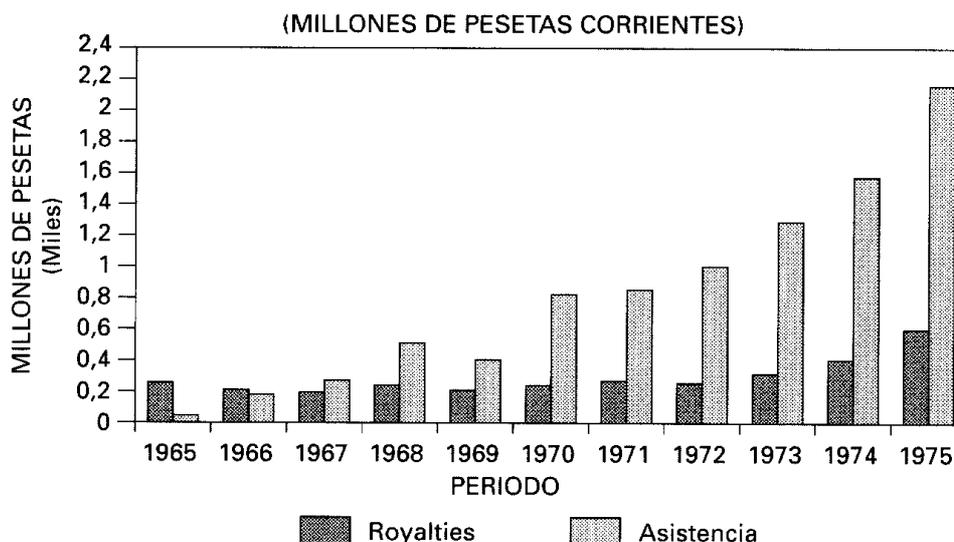
4. CODA. UNA REFLEXIÓN PARA EL FUTURO

La cuestión para los años noventa es si las empresas españolas van a seguir el mismo modelo para incorporar la TRT que el que utilizaron para la plena asimilación de la SRT. La respuesta es sí. Los datos más recientes pueden ilustrar la afirmación: la empresa española gasta un 1 % en formación de personal (los países líderes de la TRT gastan un media del 9%, como es el caso de Alemania), el 10% de las empresas tienen ingresos por venta de tecnología mientras que el 78% basan su modernización en la utilización de tecnología importada. Sólo el 38% de las empresas tienen incentivos para estimular la calidad, una de las facetas clave de la TRT y el 78% «reconocen sentirse en desventaja frente a la potencia innovadora de sus competidores europeos», pero a la vez el 50% espera aumentar sus ventas en el mercado europeo. Además, la mayoría carece de patentes, tanto en España como en el extranjero (35). Aparentemente todo es contradictorio y desalentador, «no hay demasiados motivos de satisfacción», pero esto es fruto de la ceguera ante un modelo de desarrollo tecnológico puesto en práctica por España.

Este modelo consiste, primero en «abastecerse» de tecnología extranjera (recuérdese que, tanto en términos absolutos como relativos, España es uno de los primeros compradores de tecnología en el mercado internacional de los contratos de transferencia de tecnología), segundo en asimilarla y «acomodarla» con un personal capacitado para esta tarea, y no para la innovación, tercero en hacer funcionar toda la actividad económica con esa

(35) «Vivir del Invento», 1992

Gráfico n.º 8. Ingresos por venta de tecnología (1965-1975)



Fuente: Sánchez Muñoz (1988), p. 267.

tecnología «acomodada» y, por último, siempre y cuando en el período de acomodación haya habido una generación de tecnología —fruto del aprendizaje y la propia «acomodación»—, ésta se venderá en forma de asistencia técnica (gráfico n.º 7) a terceros países con niveles tecnológicos inferiores, a bajo precio cuando sea obsoleta (gráfico n.º 7, período 1977-1981) y jamás cuando afecte negativamente a los productos innovadores extranjeros, que son los que detentan la innovación original (normalmente patentada en los mercados de patentes más importantes del mundo). También serán receptores de la asistencia técnica española los países de donde procediera inicialmente la tecnología, puesto que es lógico que las mejoras ulteriores aportadas por España, sean apreciadas por aquellos países que

inicialmente generaron el conocimiento técnico.

Desde esta perspectiva, el análisis de las patentes en España sirve de poco si se utilizan los criterios internacionales para saber cómo funciona el sistema de ciencia y tecnología del país. Si se hace esto siempre se termina en la misma conclusión: la estructura de la balanza de pagos e ingresos tecnológicos es propia de un país en vías de desarrollo y no corresponde al nivel de desarrollo económico español (36). Un sistema que progresa tecnológicamente sin innovar no puede analizarse por el mercado de las patentes. Si así lo hiciéramos estaríamos, sobre todo desde el lado de los

(36) Andrés Conde, C. De (1992), p. 11.

responsables de la política científica, incurriendo en fallos de apreciación que conducirían a medidas de política tecnológica que, en el mejor de los casos no servirían de nada. Sería como programar medidas para potenciar la innovación tecnológica pensando que éstas afectarían positivamente al personal mejor cualificado de las empresas que realizan tareas de mayor complejidad tecnológica (gráfico n.º 5, columnas bajo el epígrafe «Alta»), cuando en realidad este personal ya tiene suficiente con «acomodar» tecnología exterior y mantener a este país dentro de las revoluciones tecnológicas.

Los expertos que lanzan las medidas para potenciar la innovación debían ser conscientes de que aquellos a los que se creen que se dirigen, en el mejor de los casos, son pocos (tal vez las columnas bajo los epígrafes «Media y Baja» del gráfico n.º 5) y, siendo realistas, sus interlocutores de verdad son los actuales becarios, a los que ellos mismos, los responsables de la política científica y tecnológica, han reducido el presupuesto. Los innovadores españoles de la TRT no han llegado a nacer, pero esto no quita para que hagamos la TRT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, J.A. (1991a). *Comercio exterior: factores de cambio*. Texto procesado por ordenador (por atención del autor).
- ALONSO, J.A. (1991b). «Economía española: especialización comercial y factores de competitividad» en VELARDE, J.; DELGADO, J.L. y PEDREÑO, A. (editores), *Apertura e internacionalización de la economía española*, Economistas Libros, Madrid, pp. 39-102.
- ANDRÉS CONDE, C. De (1992). «Análisis de la Balanza de Pagos Tecnológicos en 1991», *Política Científica*, núm. 31, marzo, pp. 9-12.
- BUESA, M. (1992). «Política tecnológica: una evaluación global», *Economistas*, núm. 52 (extraordinario), pp. 296-305.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1988). *Estructura industrial de España*. FCE —Paideia—, Madrid.
- BUESA, M. y MOLERO, J. (1989). *Innovación industrial y dependencia tecnológica en España*, Eudema Universidad, Madrid.
- CASTELLS, M. (1990). *El impacto de las nuevas tecnologías en la economía internacional. Implicaciones para la economía española*, MEH (Informes del Instituto de Estudios de Prospectiva), Madrid.
- CRESPO, D. (1989). «Fabricando robots en Elgóibar», *Revista de Robótica, Automática Integrada*, núm. 41, sep., pp. 84-86.
- DOSI, G. (1991). «Una reconsideración de las condiciones y modelos del desarrollo. Una perspectiva 'evolucionista' de la innovación, el comercio y el crecimiento», *Pensamiento Iberoamericano. Revista de Economía Política*, núm. 20, volumen especial, jul.-dic, pp. 167-192.
- FRÍAS, J. (1989). «La máquina-herramienta vasca, un sector en forma». *Nuevo Siglo*, núm. 6, diciembre, pp. 23-29.
- GARCÍA SANTESMASES, J. (1980). *Obra e inventos de Torres Quevedo*, Madrid, Instituto de España (Colección Cultura y Ciencia).
- GLICK, T.F. (1986). *Einstein y los españoles. Ciencia y sociedad en la España de Entreguerras*. Madrid, Alianza Editorial.
- GLICK, T.F. (1988). La Fundación Rockefeller en España: Augustus Trowbridge y las negociaciones para el Instituto Nacional de Física y Química, 1923-1927. en SÁNCHEZ RON (coordinador) (1988), pp. 281-300.
- GLICK, T.F. y SÁNCHEZ RON (eds.) (1986). *Memorias de Emilio Herrera*. Madrid, UAM.
- GÓMEZ MENDOZA, A. y LÓPEZ GARCÍA, S.M. (1992). «Los Comienzos de la Industria Aeronáutica en España y la Ley de Wolff (1916/1929)». *Revista de Historia Industrial* (en prensa), núm. 1.
- GUERRIERI, P. (1990). «Patrones de especialización comercial y competitividad internacional: el caso italiano». *Pensamiento Iberoamericano. Revista de Economía Política*, núm. 17, ene.-jun., pp. 207-246.
- ICS (Istituto Centrale di Statistica) (1975-1987). *Anuario statistico italiano*. ICS, Roma.

- INE (Instituto Nacional de Estadística) (1975-1988). *Estadísticas sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico*. INE, Madrid.
- INE (1975-1987). *Anuario Estadístico de España*. INE, Madrid.
- JAUREGIZAR, J. (1990). «Alta tecnología de Euskadi para Europa», *Nuevo Siglo*, núm. 12, abr.-may., pp. 40-42.
- LÓPEZ GARCÍA, S.M. (1988). Tecnología española de posguerra, problemas de desarrollo científico y tecnológico en el Instituto de Electricidad y Automática del CSIC. *Documentos de Trabajo de la Facultad de CC. EE. y EE.* UCM, núm. 8824.
- LÓPEZ GARCÍA, S.M. (1991). «La organización de la investigación científica y técnica tras la Guerra Civil (Contrastes y similares con los logros de las primeras décadas del siglo XX)». Encuentro de Historia Económica (ponencia) UIMP, Valencia, 7 y 8 de octubre.
- MÉNDEZ, A. y GÓMEZ, I. (1986). «The Spanish scientific productivity through eight international data bases». *Scientometrics*, núm. 10, pp. 207-210.
- MITCHELL, B.R. (1975). *European Historical Statistics 1750-1970*. MacMillan Press, London.
- MOLAS GALLART, J. (1990). «Producción militar en España. ¿Un incentivo a la innovación tecnológica?» *Cuadernos de Economía*. Vol. 18, núm. 51, ene.-abr., pp. 53-69.
- MOLERO, J. (1991). «Tecnología y competitividad exterior de la industria española». *Economistas*, núm. 52 (extraordinario), pp. 88-92.
- OCDE (1979). *Trends in Industria R&D in Selected OECD Member Countries 1967-1975*. OCDE, París.
- OCDE (1981). *Science and Technology Policy for the 1980s*. OCDE, París.
- OCDE (1984). *OECD Science and Technology Indicators. Resources Devoted to R & D*. OCDE, París.
- OCDE (1986). *OECD Science and Technology Indicators (R & D. Invention and Competitiveness)*. Núm. 2. OCDE, París.
- OCDE (1987). *Innovation Policy, Spain*. OCDE, París.
- ONU (1971-1989). *Statistical Yearbook United Nations*. ONU, New York.
- ORMAECHEA, J.M. (1987). «Mondragón, algo más que una alternativa». *Nuevo Siglo*. Núm. 1, diciembre, pp. 41-44.
- PIORE, M.J. y SABEL, C.F. (1990). *La segunda ruptura industrial*. Alianza Editorial, Madrid.
- PUIG RAPOSO, N. y LÓPEZ GARCÍA, S.M. (1992). *Ciencia e industria en España. El Instituto Químico de Sarria (1916-1992)* (en prensa), IQS, Barcelona.
- SÁNCHEZ MUÑOZ, P. (1988). *El sector exterior de la economía española*, 2 tomos, ICEX, Madrid.
- SÁNCHEZ MUÑOZ, P. (1992). «La balanza de pagos tecnológicos. Un indicador de ciencia y tecnología en peligro de extinción». *Boletín ICE Económico*, núm. 2324, mayo, pp. 1503-1510.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (coordinador) (1988). *La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas 80 años después (1907-1987)*. Madrid, CSIC, 1988 (Colección Estudios sobre la Ciencia), 2 tomos.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (1988). «La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas 80 años después», en SÁNCHEZ RON, J.M. (coordinador) (1988), pp. 1-61.
- TERRADA, M.L. y LÓPEZ PINERO, J.M. (1991). «La producción científica española y su posición en la comunidad internacional», en LÓPEZ PIÑERO, J.M. (director). *España, Ciencia*, tomo IV. Espasa Calpe, Madrid, pp. 79-109.
- UNESCO (1975-1989). *Anuario estadístico*. UNESCO, New York.
- «Vivir del Invento». Entrevista con JUAN MANUEL ROJO, secretario de Estado de Universidades e Investigación. *El País*, año VIII, núm. 346, Negocios (14 julio 1992), p. 28.

APÉNDICE

**Personal empleado en actividades de I+D según grado académico
y ocupación**

Tabla 1. Personal total empleado en actividades de I+D (EDP)

Año	TOTAL	CIENTÍFICOS E INGENIEROS	PERSONAL OCUPADO EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	CIENTÍFICOS E INGENIEROS DEDICADOS A TAREAS DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
1967	12.934	4.181		
1968				
1969	14.522	5.135		
1970	16.186	5.842		
1971	21.509	7.979	11.428	2.758
1972	23.501	8.945	12.711	3.193
1973	21.036	7.101	14.063	3.533
1974	23.187	7.894	15.409	3.819
1975				
1976				
1977				
1978	29.685	13.050	13.484	3.420
1979	30.164	13.457	14.761	4.529
1980	30.905	13.732	16.211	4.897
1981	31.329	14.376	16.224	5.110
1982	30.510	13.762	15.887	5.038
1983	30.948	14.229	16.015	5.134
1984	34.080	15.299	17.594	5.380
1985	34.967	16.215	20.004	6.373
1986	39.899	19.477	21.874	7.721
1987	42.531	20.890	22.983	8.322

Fuente: INE (1975-1988).

EDP = Equivalencia a Dedicación Plena.

Tabla 2. **Personal empleado en actividades de I+D por las empresas (EDP)**

Año	TOTAL	CIENTÍFICOS E INGENIEROS	PERSONAL OCUPADO EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	CIENTÍFICOS E INGENIEROS DEDICADOS A TAREAS DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
1971	7.528	1.648	6.059	1.170
1972	8.581	1.945	6.913	1.388
1973	9.752	2.278	7.851	1.707
1974	11.108	2.616	8.972	1.969
1975				
1976				
1977				
1978	11.591	2.891	8.823	1.969
1979	11.911	2.089	9.000	2.094
1980	12.303	2.994	10.358	2.378
1981	12.006	3.226	10.137	2.574
1982	12.914	3.409	10.853	2.719
1983	12.905	3.528	11.135	2.888
1984	15.022	4.019	12.331	3.077
1985	16.860	4.853	14.567	3.984
1986	19.007	6.160	16.374	5.114
1987	20.361	6.835	17.491	5.747

Fuente: INE (1975-1988).

Tabla 3. Personal empleado en actividades de I+D por las empresas industriales (EDP)

Año	Total	Científicos e ingenieros	Personal ocupado en tareas de complejidad tecnológica alta	Científicos e ingenieros ocupados en tareas de complejidad tecnológica alta	Personal ocupado en tareas de complejidad tecnológica media	Científicos e ingenieros ocupados en tareas de complejidad tecnológica media	Personal ocupado en tareas de complejidad tecnológica baja	Científicos e ingenieros ocupados en tareas de complejidad tecnológica baja
1971	6.867	1.494	6.033	1.342	562	70	272	82
1972	7.822	1.775	6.842	1.600	677	83	303	92
1973	8.590	1.982	6.702	1.592	585	106	1.303	284
1974	9.840	2.242	7.767	1.804	591	119	1.482	319
1975								
1976								
1977								
1978								
1979								
1980								
1981								
1982	10.672	2.634	8.549	2.161	366	112	1.757	361
1983	10.622	2.617	8.605	2.155	403	143	1.614	319
1984	12.474	3.078	10.338	2.578	535	168	1.601	332
1985	14.014	3.765	11.611	3.194	699	174	1.704	397
1986								
1987	17.827	5.593	14.368	4.683	1.215	388	2.244	552

Nota: La división por complejidad tecnológica de las ramas industriales sigue la clasificación de Buesa y Molero (Buesa y Molero, 1988, pp. 49 y 50). Las ramas de complejidad Muy Alta y Alta, de Buesa y Molero, se han asociado en Alta para esta tabla.

Fuente: INE (1975-1988).