

# DIFUSION DE TECNOLOGIA EN LA EMPRESA ESPANOLA: ALGUNOS RESULTADOS

La difusión de los avances tecnológicos no se produce de forma homogénea ni a nivel sectorial ni en cuanto a las empresas consideradas individualmente.

**Yolanda Polo** aporta en este artículo algunas consideraciones teórico-doctrinales y analiza los casos de las industrias metalmeccánicas y de algunas actividades de servicios. Dada la escasez de estudios sobre el tema en España, este trabajo representa una interesante aportación.

## I. INTRODUCCION

**L**a difusión de tecnología puede definirse como el proceso por el cual el uso de una innovación aparece y crece dentro de un sistema social (Rogers, 1982). La difusión ocupa un lugar muy destacado en el proceso de cambio tecnológico. De un lado, disminuye la diferencia tecnológica que existe entre las unidades económicas de una industria, y su *ratio*, el *ratio* de difusión, determina el *ratio* de cambio tecnológico medido como el efecto de una innovación en el aumento de productividad en una industria. De otro lado, la difusión juega un importante papel en el proceso competitivo, en el sentido de que la difusión erosiona la ventaja competitiva mantenida por el que ha originado las innovaciones de éxito.

Schumpeter (1934) definió el cambio tecnológico como un proceso en tres etapas: invención, innovación y difusión.

En la invención se generan nuevos conocimientos e ideas; la innovación traduce estos conocimientos e ideas en productos o procesos susceptibles de explotación comercial; por último, la difusión corresponde al proceso a través del cual el uso de la innovación crece dentro de un colectivo social, tal y como hemos definido anteriormente.

Entre los estudiosos del cambio tecnológico, existe unanimidad al afirmar que tanto la invención como la innovación han sido las etapas del proceso más profusamente investigadas, teórica y empíricamente. Los mismos autores se lamentan de esta realidad, habida cuenta de que la difusión de una innovación determina el verdadero uso que se hace de ella entre los agentes sociales y, por tanto, su impacto en el bienestar de la comunidad.

Rosenberg (1982) escribe: «A lo largo de varias décadas, muchos historiadores, incluso historiadores económicos, han concentrado su atención casi exclusivamente en un aspecto del progreso técnico: ¿Quién lo hizo primero? (...). Sin embargo, ha sido casi nula la atención dedicada a la tasa a la que las nuevas tecnologías han sido adoptadas e incorporadas al proceso productivo.

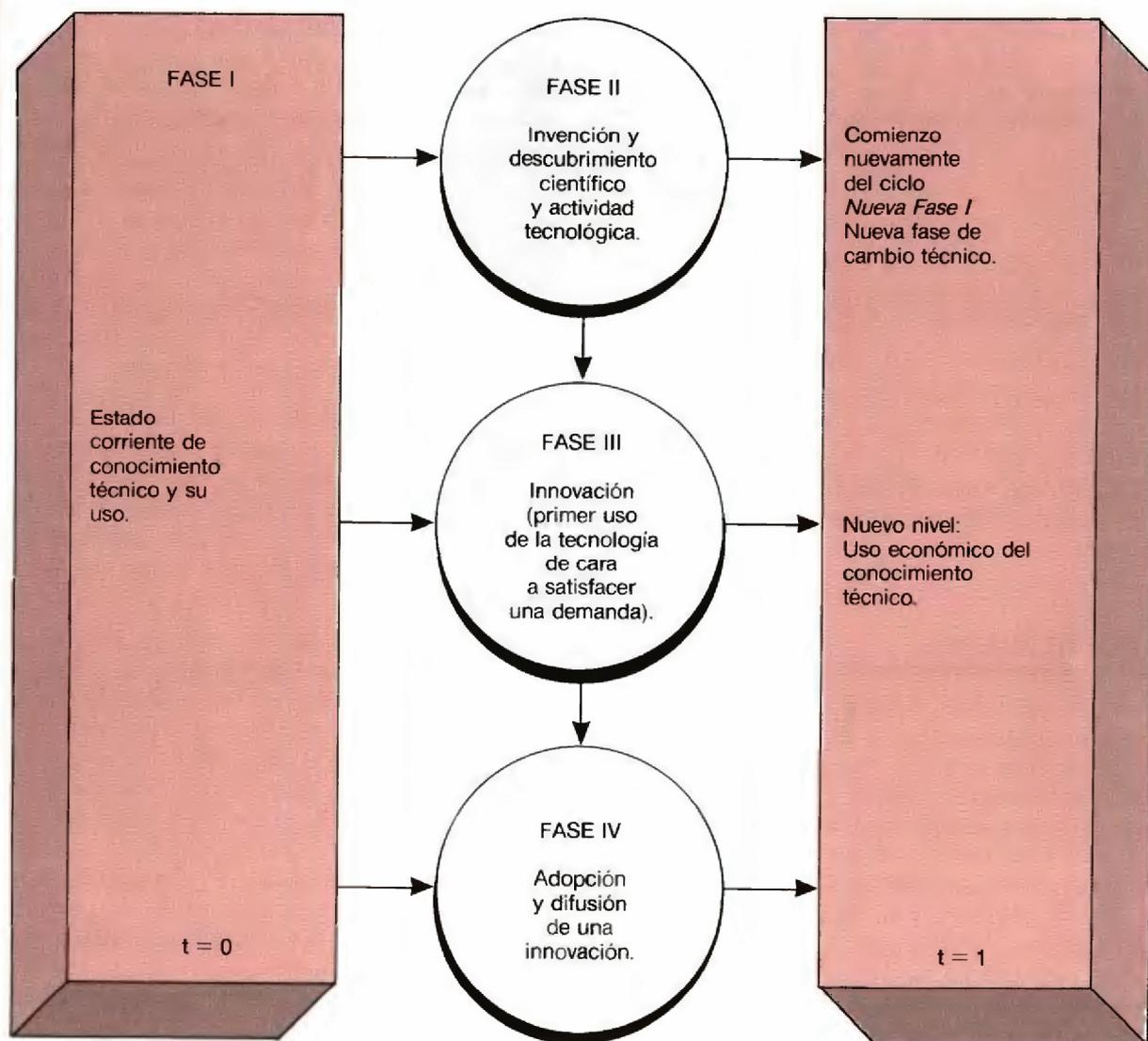
«Realmente el proceso de difusión se ha considerado inexistente (...). Desde el punto de vista de su impacto económico, el proceso de difusión es crítico, debido a que el impacto sobre la productividad de las mejores tecnologías depende de la utilización que se haga de ellas en los lugares más adecuados».

La economía del cambio técnico (Abramovitz, 1956; Solow, 1957; Denison, 1967) ha expresado el progreso técnico como la capacidad de una economía para producir bienes y servicios con un menor coste, es decir, con mejoras en su productividad global. Estudios teóricos y empíricos han relacionado la evolución de la productividad global de una economía, o de una industria en particular, con el *stock* de investigación y desarrollo acumulado en la misma, para confirmar que, efectivamente, la mejora en la productividad está determinada por la acumulación de nuevos conocimientos e innovaciones que se generan a partir de las actividades de I + D (1).

Los procedimientos utilizados para medir el *stock* de capital de I + D permiten aproximar el *output* en invención e innovación que ha generado la industria y, por tanto, está en disposición de ser incorporado al proceso productivo. Sin embargo, no existen *a priori* razones para suponer que el *stock* de capital de I + D contabilice correctamente la difusión que ha podido hacerse del *output* inventivo e innovador de una empresa hacia otras, o a través de la imitación o la compra de licencias.

Lafuente, Salas y Yagüe (1985 b) apuntan la posibilidad de que sea la difusión de innovaciones la que explique el alto valor de la rentabilidad social

**GRAFICO 1**  
**FASES EN EL PROCESO DE CAMBIO TECNOLÓGICO**



de las actividades de I + D en la economía española. Parece, por tanto, plenamente justificado que los trabajos teóricos y empíricos sobre el cambio técnico incorporen el impacto de la difusión de innovaciones, junto al esfuerzo en invención e innovación, en la explicación del progreso técnico en la economía y en la industria (2).

La mejora en la productividad y la reducción del coste se traducirán en un mayor o menor nivel de

bienestar colectivo en la medida en que supongan una mayor o menor reducción en el precio de venta del producto final. Si el mercado o industria es competitivo, la evolución de los precios y los costes será presumiblemente paralela, y las mejoras de bienestar alcanzarán cotas máximas. Pero la mayor actividad inventiva e innovadora parece producirse en mercados con estructuras oligopolísticas (Scherer, 1980), por lo que la relación precios-costes está, *a priori*, indeterminada si no se conoce

la competencia real y potencial que existe entre las empresas de la industria. Lo que sí parece cierto es que, tanto bajo prácticas colusivas como de mayor rivalidad entre las empresas de una industria, la difusión de las innovaciones juega un papel importante para que la evolución de los precios y los costes en un mercado esté más cerca del modelo competitivo.

La difusión erosiona la ventaja competitiva y el poder de monopolio relativo que consigue la empresa donde se obtiene una innovación con éxito en el mercado (Parker, 1974).

Así pues, la difusión, última etapa en el proceso de cambio tecnológico, se vislumbra como la más importante desde el punto de vista del impacto económico de un nuevo producto o proceso.

Gruber y Marquis (1969) señalan la importancia de la difusión dentro del proceso de cambio técnico a partir del gráfico 1.

El estado corriente del conocimiento técnico da origen a la invención, pero puede también motivar directamente la innovación y la difusión.

La invención puede ser el resultado de las actividades de I + D de una empresa. En una segunda fase, los resultados de la invención deben dar origen a un nuevo estado de conocimiento técnico o a una innovación. En el primero de los casos, un nuevo estado es creado y el ciclo comienza de nuevo. En el segundo, un nuevo conocimiento técnico es llevado a la práctica económica. Esta segunda etapa, innovación, involucra una serie de fases empresariales que incluyen: identificar el mercado, construir una nueva organización, etcétera.

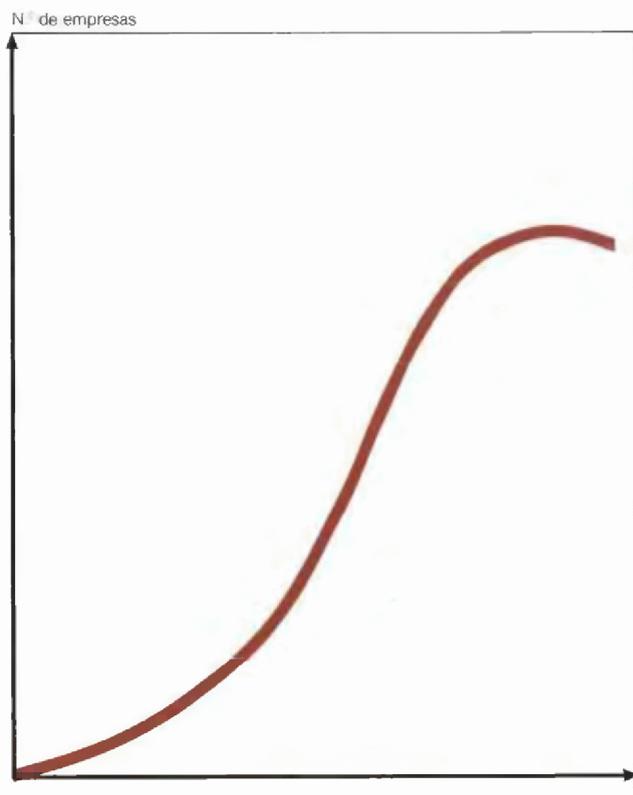
Si la innovación es un éxito comercial, comienza la siguiente fase: *la difusión*.

## II. DIFUSION ENTRE EMPRESAS

Aunque el fenómeno de la difusión ha sido estudiado desde distintos puntos de vista, hay unanimidad a la hora de plantear el modelo de proceso de difusión. Típicamente, el crecimiento a lo largo del tiempo en el número de empresas que adoptan una innovación conforma una función logística, que da origen a una curva en forma de S (gráfico 2).

Siguiendo a Robertson (1971), existen cuatro fases en el proceso de difusión. La primera comprende un número limitado de empresas, las cuales

### GRAFICO 2 NUMERO DE EMPRESAS QUE ADOPTAN UNA INNOVACION



asumirán el relativo alto grado de incertidumbre involucrado en la adopción de una innovación. La segunda fase observa un crecimiento en el *ratio* de empresas que decidirán introducir la innovación. En esta fase, aunque la rentabilidad todavía es alta, la incertidumbre disminuye. En la tercera fase, la innovación ha llegado a ser común y, por consiguiente, ahora la rentabilidad es más baja y el grado de incertidumbre más pequeño. En la fase de madurez, la innovación está llegando a ser obsoleta.

La función logística, observada para la mayoría de los procesos de difusión, puede ser mirada como un reflejo del comportamiento de diferentes empresas que deciden acerca de la relación entre rentabilidad e incertidumbre.

En España son muy escasos los trabajos dedicados a explicar el proceso de aceptación y difusión

de nuevas tecnologías por parte de empresas españolas (3).

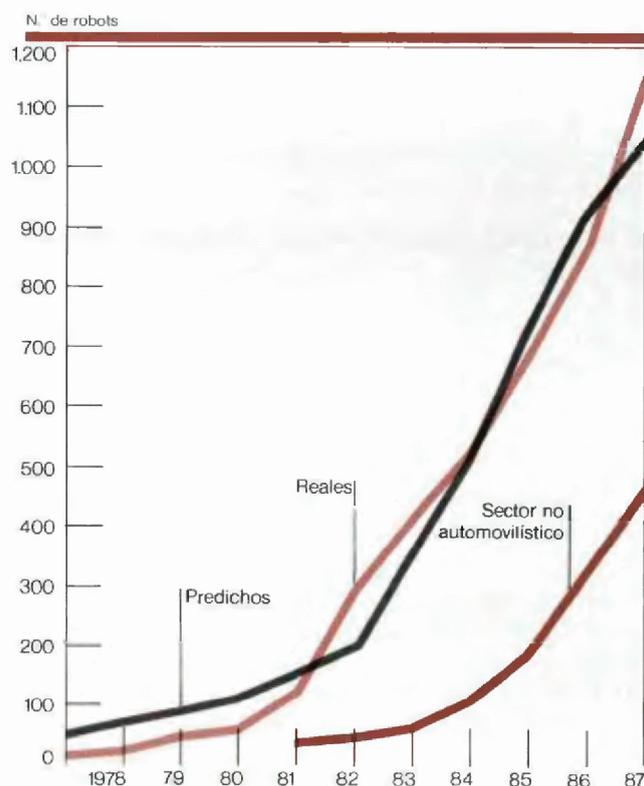
Para ilustrar este apartado, nos basaremos en algunos resultados alcanzados a partir del trabajo de Martínez (1988) sobre el sector de industrias metalmeccánicas, y en otros previos que se obtuvieron para el sector servicios. Comenzaremos analizando la difusión de una tecnología de fabricación: los robots.

Sin duda, el robot ha sido una de las innovaciones más importantes de la automatización industrial. A comienzos de los años ochenta es cuando los robots se han difundido de forma más rápida en España. Castells y otros (1986) recogen, a partir de un estudio de la OCDE, las razones que llevan principalmente a las empresas a introducir el robot:

- Incremento de la productividad necesario para enfrentarse a la fuerte competencia internacional existente en algunos sectores (como automóvil, máquinas herramientas, fabricación eléctrica y electrónica...).
- Costes de mano de obra crecientes frente a costes decrecientes de los robots, a lo que hay que añadir factores como absentismo laboral, huelgas...
- Necesidad de mejorar las condiciones de trabajo, eliminando puestos de trabajo insalubres y peligrosos (pintura...).
- La mejor calidad y regularidad del producto obtenido.
- La flexibilidad de la producción. La robotización permitirá una rentabilidad creciente, incluso con series de fabricación pequeñas, cambiando la tendencia de la industria manufacturera, tradicionalmente orientada a grandes series y productos estándar. Este cambio de estrategia se adaptará mejor a los cambios de los gustos de los consumidores y podrá fabricarse según la demanda real y fluctuante.

Analizando el número de robots que se ha ido incorporando paulatinamente a la empresa española (gráfico 3), podemos observar el fuerte crecimiento que se ha producido durante la última década, pasando de 14 robots en 1978 a 1.131 en 1987. En este último año, las empresas españolas incorporaron a sus filas un total de 272 nuevos robots: 144 para empresas del sector automovilístico y 128 adquiridos por empresas de muy diversos

### GRAFICO 3 INCORPORACION DE ROBOTS A LA EMPRESA ESPAÑOLA



Fuente: Martínez (1988).

sectores (entre ellos, algunos donde no existía hasta ese momento ningún robot, tal es el caso de las artes gráficas o de la fabricación de muebles).

El gráfico 3 muestra la evolución en el tiempo del perfil de ventas anuales de robots en España entre 1978 y 1987. En el mismo gráfico (con línea gris) se aprecia también el perfil de ventas previsto por el ajuste del modelo de Bass (1969). La observación de la representación gráfica muestra que la difusión del robot en España responde al perfil logístico del ciclo de vida. En la primera fase, introducción, la adopción se produce a un ritmo lento, hasta que, superado un cierto umbral, el crecimiento sitúa a las ventas por unidad de tiempo en un nivel de inicio de la fase de madurez.

El modelo de Bass (4) queda caracterizado por tres parámetros: el parámetro  $p$ , identificado como

parámetro de innovación;  $q$ , o parámetro de imitación, y el mercado potencial,  $M$ .

Los resultados de aplicar el modelo de Bass a los datos son los siguientes:

$$\begin{aligned}\hat{a} &= 81,91 \\ \hat{b} &= 0,5213 \text{ (6,95)} \\ \hat{c} &= -0,00006 \text{ (-2,33)} \\ \hat{R}^2 &= 0,9794\end{aligned}$$

Los valores que figuran entre paréntesis se corresponden con la  $t$  de Student.

A partir de estos valores y de las relaciones planteadas en la nota (4) se pueden obtener:

$$\begin{aligned}\hat{M} \text{ (mercado potencial)} &= 8598. \\ \hat{p} \text{ (parámetro de innovación)} &= 0,0096. \\ \hat{q} \text{ (parámetro de imitación)} &= 0,5117.\end{aligned}$$

Los parámetros  $p$ ,  $q$  y  $M$  podrían considerarse inicialmente como las medidas de difusión que interesa explicar. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que  $p$ ,  $q$  y  $M$  son valores estimados en un proceso dividido en dos etapas y, por tanto, razonablemente, deben estar sujetos a errores de medición que afectarán especialmente a  $p$  y  $q$ , pues sus valores absolutos son muy pequeños. En segundo lugar, y más importante, no existe una relación clara entre rapidez de difusión y valores de los parámetros  $p$ ,  $q$  y  $M$  de Bass.

Por estas razones, el proceso de difusión del robot ha sido caracterizado por variables que miden de forma directa la aceptación y difusión de la innovación.

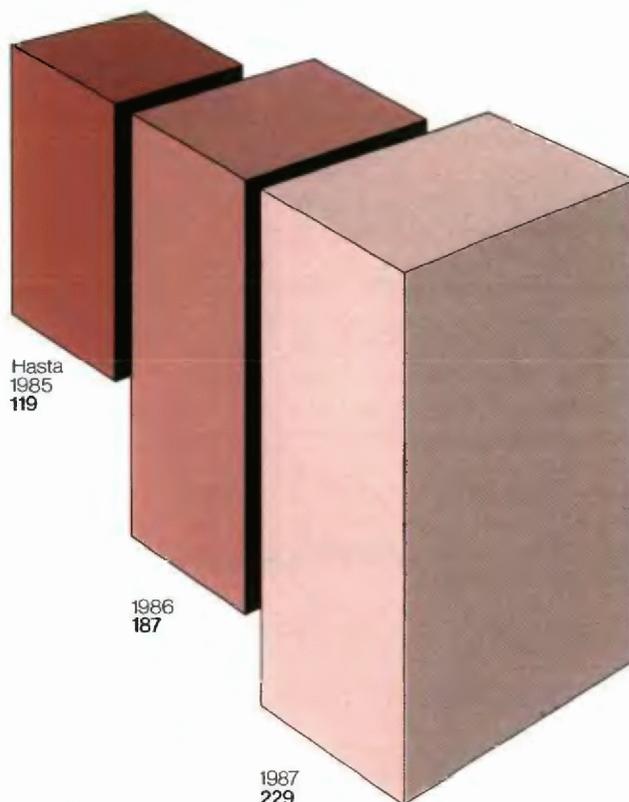
En primer lugar, se considera a  $M$  como una medida de la aceptación final de la innovación en el sistema social, mercado, una vez concluido el proceso de difusión. Un mayor valor de  $M$  será indicativo de que existe un gran número de consumidores interesados en el producto.

Junto a la difusión final, que se mide a través de  $M$ , interesa conocer también el tiempo necesario para alcanzarla, que se refleja en el perfil logístico de las ventas por periodo, ciclo de vida de la innovación. Este tiempo ha sido dividido en dos partes: tiempo de aceptación y tiempo de difusión.

El tiempo de aceptación aproxima la duración de la fase de introducción del ciclo, y se mide por el número de años que se tarda hasta que el robot penetra en un 10 por 100 de su mercado potencial.

El tiempo de difusión se mide por el número de años que transcurren a lo largo de las fases del

**GRAFICO 4**  
**NUMERO DE EMPRESAS ESPAÑOLAS**  
**QUE HAN INCORPORADO EL ROBOT**



ciclo de vida que, aproximadamente, representan el crecimiento, la madurez y, tal vez, parte del declive.

Para medir este tiempo se utiliza la función  $F(t)$  del modelo de Bass, una vez estimadas  $p$ ,  $q$  y  $M$ .

$$F(t) = \frac{(1 - e^{-(p+q)t})}{\left(\frac{q}{p} e^{-(p+q)t} + 1\right)}$$

Operando, se obtiene un tiempo de aceptación (10 por 100 del mercado potencial) del robot de 3 años, y se alcanzará el 90 por 100 del mismo en el año 12, es decir, que el robot industrial empleará 9 años en difundirse.

La difusión entre empresas aparece recogida en el gráfico 4. Se ha obtenido a partir de la informa-

ción facilitada por la *Revista de Robótica* para el período 1985-87. No se dispone de información sobre años anteriores, por lo que sólo nos es posible distinguir al conjunto de empresas españolas que han adoptado el robot hasta 1985, por un lado, y a las que han introducido esta innovación durante 1986 y 1987, por otro.

Observando la curva, se puede apreciar que el proceso de difusión se encuentra todavía en una fase de aceptación de esta nueva tecnología por parte de las empresas españolas, como lo demuestra el hecho de que hayan sido 68 empresas en 1986 y 52 en 1987 las que hayan decidido adoptar por primera vez esta innovación.

Siguiendo al profesor Martínez (1988), podemos concluir que el mercado español sigue, en cuanto a la incorporación de robots, la tónica del mercado mundial, pero con un retraso notable (que podría situarse en torno a dos o tres años con respecto a países como Gran Bretaña o Francia).

En la aceptación de esta tecnología por parte de las empresas españolas, se observa un crecimiento, acelerado en los últimos años, de alrededor de un 25 por 100 anual.

Se debe destacar, por último, la fuerte concentración existente en la industria del automóvil, que absorbe el 70 por 100 de la demanda de robots en España.

En cuanto a la difusión de esta tecnología en otros países, se presenta, en el cuadro n.º 1, el parque mundial de robots (Edquist y Jacobsson, 1988). Cabría decir que son las empresas japonesas las más rápidas a la hora de introducir esta innovación (alcanzaron el 10 por 100 de su mercado

potencial en cuatro años y medio y el 90 por 100 en tan sólo ocho años más), seguidas por las americanas, aun cuando se ha observado que en este país el crecimiento del parque de robots ha pasado de porcentajes cercanos al 50 por 100 a otros próximos al 25 por 100 en estos últimos dos años. Fenómenos similares se han producido en Francia, en menor medida en Italia, e incluso se empiezan a vislumbrar en Japón.

Sin embargo, en la RFA sucede lo contrario: el número de nuevos robots incorporados a sus empresas creció un 25 por 100 en 1984 con respecto al año anterior, y un 33 por 100 en 1985, llegando al 40 por 100 en 1986.

En un segundo punto, este trabajo aporta un conjunto de evidencias empíricas sobre la difusión de innovaciones en el sector servicios de la economía española.

El hecho de elegir el sector de intermediarios financieros fue debido a dos hechos. Por un lado, estuvo condicionado por cuestiones operativas tales como la homogeneidad de la población de agentes innovadores y adoptantes, la facilidad para conseguir un censo de ellos y el conocimiento aceptable que se tenía de los productos (procesos que han adoptado). Por otro lado, debe destacarse la importancia de este sector de la economía como receptor y difusor de nuevas tecnologías, en el área de procesos informáticos sobre todo, que lo ha hecho merecedor de ser incluido como sector usuario de tecnología punta en trabajos como el de Castells y otros (1986).

Dentro de las innovaciones a estudiar, se han elegido dos de proceso productivo: la terminal

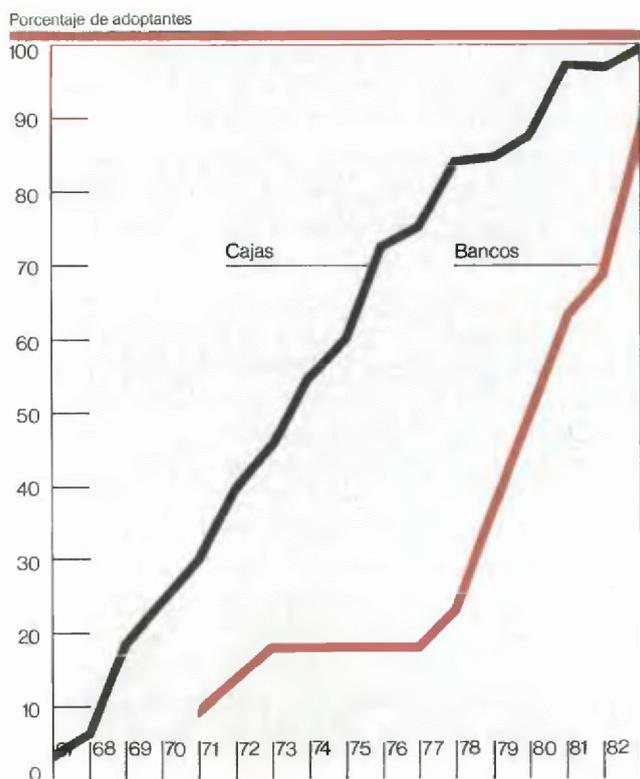
CUADRO N.º 1

EVOLUCION DEL PARQUE DE ROBOTS EN LOS PAISES DE LA OCDE

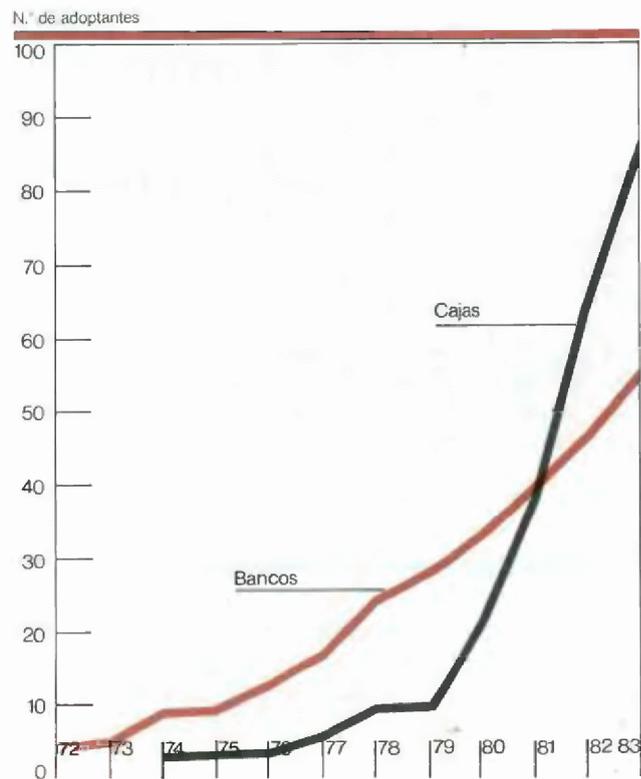
	1974	1978	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Japón .....	1.000	7.000	14.000	21.000	31.857	46.757	64.656	93.000	118.000
Estados Unidos .....	1.200	2.500	3.500	5.000	6.250	8.000	13.000	20.000	25.000
Alemania Federal .....	130	450	1.133	2.300	3.500	4.800	6.600	8.800	12.400
Suecia .....	85	415	795	950	1.400	1.600	1.900	2.046	2.383
Italia .....	90	300	353	450	700	1.800	2.700	4.000	5.000
Reino Unido .....	50	125	371	713	1.152	1.753	2.623	3.208	3.683
Bélgica .....	n.c.	n.c.	n.c.	44	305	514	860	1.000	1.050
Francia .....	n.c.	n.c.	580	790	1.385	1.920	2.750	4.150	5.270
España .....	n.c.	n.c.	56	118	284	408	520	688	859

Fuente: Edquist y Jacobsson (1988).

**GRAFICO 5  
DIFUSION DE LA TERMINAL  
DE TELEPROCESO**



**GRAFICO 6  
DIFUSION DEL CAJERO  
AUTOMATICO**



de teleproceso y el cajero automático. La información utilizada para medir la aceptación y difusión de esta innovación se obtuvo a través de una encuesta (5).

Las principales cuestiones que se deseaba resolver eran las siguientes: ¿Cuál es el perfil que describe el proceso de difusión de esta innovación en este colectivo empresarial? ¿Es más rápida la aceptación y difusión de estos nuevos procesos en bancos que en cajas? ¿Existen diferencias con el perfil observado para otros países y otras industrias?

Para responder a estas preguntas, se recurrió primero a la representación gráfica y al cálculo de algunas medidas de rapidez de aceptación y difusión. Los gráficos 5 y 6 muestran el perfil de la evolución del proceso de difusión de la terminal

de teleproceso y del cajero automático, respectivamente.

Observando los gráficos, se aprecia cómo ambas innovaciones se asocian a un perfil de difusión temporal próximo a una «S», en la que a una fase de introducción lenta le sigue otra de adaptación rápida, e incluso acelerada, como sucede en el caso de las cajas de ahorros.

Como ya comentamos en el caso de los robots industriales, dentro de este ciclo, bastante genérico, es frecuente distinguir dos etapas principales, la de primera aceptación (medida por el 10 por 100 de los adoptantes potenciales) y la de difusión propiamente dicha.

En el cuadro n.º 2 se aprecian las diferencias en tiempos de introducción y difusión entre bancos y cajas de ahorros.

De la observación de dicho cuadro pueden ya concluirse algunos resultados. Las cajas han sido pioneras a la hora de adoptar la terminal de teleproceso, aun cuando han empleado dos años en introducirla. El proceso de difusión también ha sido más rápido para las cajas (éstas tardan 11 años en difundir esta innovación frente a los 13 años empleados por los bancos), además la difusión es completa para las 32 cajas de ahorros que responden a nuestra encuesta.

En cuanto a los cajeros automáticos, su proceso de difusión todavía no había sido completado en 1983. El período de aceptación de esta innovación ha sido —para ambos tipos de entidad— considerablemente más largo que en el caso de la terminal.

Para completar la información sobre el proceso de difusión de innovaciones en el sector servicios, ajustamos a los datos obtenidos un modelo de difusión (Mansfield, 1961) (6).

Los resultados del ajuste se recogen en el cuadro número 3.

Los valores que figuran entre paréntesis, debajo de  $\hat{\phi}_t$ , corresponden a la *t* de Student. Es de destacar el elevado  $\bar{R}^2$  conseguido para ambas innovaciones, lo cual indica la bondad del ajuste del modelo de difusión a los datos disponibles.

### III. FACTORES DETERMINANTES DE LA DIFUSION

La difusión, basada esencialmente en la creación y asimilación de nuevos métodos y productos, se puede considerar como un proceso de aprendizaje. Es decir, cuando la innovación aparece, los usua-

rios potenciales estarán inseguros acerca de su naturaleza y efectividad, y tenderán a ver su compra como una experimentación.

Este proceso de aprendizaje se produce tanto entre los productores de la innovación como entre los usuarios, ya que durante las primeras versiones de una innovación aparecen serios problemas de tipo tecnológico y, por tanto, es durante esta fase donde todavía se introducen mejoras y cambios en los nuevos productos o procesos.

Una vez que el diseño de un nuevo producto está estabilizado, los costes de producción generalmente caen, de acuerdo con la llamada curva de aprendizaje.

En los últimos años ha aparecido un gran número de estudios centrados en el proceso de difusión, y concretamente en describir el *ratio* al cual varias innovaciones se han extendido, la clase de empresas que han sido relativamente rápidas o lentas en comenzar a usar el nuevo producto/proceso, el *ratio* al cual empresas individuales han sustituido viejas tecnologías por otras nuevas, etcétera.

La mayor parte de estos trabajos presentan modelos para predecir el *ratio* de difusión de una innovación, estudiando los determinantes de ese *ratio*. Los determinantes del *ratio* de difusión pueden ser discutidos a dos niveles: empresa e industria.

Nos detendremos en el primero con mayor detalle: a nivel empresa, los primeros factores que afectan al *ratio* de difusión de una innovación son los riesgos y dudas que la empresa asume al introducirla. Mansfield (1961, 1963), Nabseth (1973), Hakonson (1974), Benvignati (1982) y Antonelli (1985, 1988) son autores que señalan algunos fac-

CUADRO N.º 2

#### RESULTADOS DE COMPARAR LOS PERIODOS DE DIFUSION EMPLEADOS POR CAJAS Y BANCOS PARA ADOPTAR LAS INNOVACIONES DE PROCESO CONSIDERADAS

	BANCOS			CAJAS				
	Año de inicio	Tiempo de difusión para alcanzar		Año de inicio	Tiempo de difusión para alcanzar		Porcentaje de adopción en 1983	
		10 %	90 %		10 %	90 %		
Terminal de teleproceso ...	1971	0	13	91	1967	2	13	100
Cajero automático .....	1972	3	—	59	1974	6	—	88

CUADRO N.º 3

## PARAMETROS DEL MODELO DE DIFUSION PARA BANCOS Y CAJAS

	BANCOS		$\bar{R}^2$	Años
	$\hat{\eta}_i$	$\hat{\phi}_i$		
Terminales de teleproceso .....	-1,81	0,19 (6,66)	0,86	(1971-83)
Cajeros automáticos .....	-2,80	0,28 (14,94)	0,96	(1972-83)
	CAJAS		$\bar{R}^2$	Años
	$\hat{\eta}_i$	$\hat{\phi}_i$		
Terminales de teleproceso .....	-2,82	0,43 (20,38)	0,97	(1967-81)
Cajeros automáticos .....	-4,23	0,59 (9,42)	0,93	(1974-83)

tores que influyen en las empresas a la hora de introducir una innovación.

La mayoría de ellos coinciden en afirmar que la ventaja económica de adoptar una innovación debe ser ponderada no sólo con el coste requerido para introducirla, sino también con los riesgos involuacrados en no adoptarla, las dudas sobre la superioridad de la innovación respecto al producto o proceso que va a reemplazar, el *ratio* de reducción de la incertidumbre inicial, la extensión del compromiso requerido para evaluar la innovación y la proporción de empresas que ya la usan.

Al introducir de forma rápida una innovación, las incertidumbres y dudas son mayores, pero al mismo tiempo la ventaja competitiva y los beneficios obtenidos también lo serán. Por el contrario, si una empresa adopta una innovación cuando ésta ya ha sido altamente introducida, los riesgos serán menores y la ganancia, por tanto, mucho más pequeña. Se percibe, pues, una estrecha relación entre incertidumbre y rentabilidad de la innovación.

Mansfield también propugna que existe relación entre la rentabilidad de adoptar la innovación y la inversión requerida para instalarla. Si pensamos que adoptar un nuevo producto/proceso es una decisión arriesgada, es lógico suponer que el volumen de inversión necesario para instalarlo sea un factor relevante a la hora de explicar posibles diferencias en la rapidez de aceptación. Para un mismo nivel de rentabilidad esperada en la inver-

sión, un mayor volumen de ésta puede influir negativamente en la decisión de adoptar la innovación, porque se percibe un mayor riesgo y/o porque resulta más difícil conseguir la necesaria financiación.

Otras características de las empresas adoptantes de innovaciones, que han sido detectadas como relevantes en la explicación de la decisión de adoptarlas, son: el tamaño, el grado de sindicación de los trabajadores, el esfuerzo que regularmente dedican a actividades de I + D, la estructura organizativa interna, el dinamismo directivo y los resultados del negocio (principalmente, rentabilidad y liquidez).

De este grupo de variables, sin duda la más utilizada en trabajos empíricos ha sido el tamaño de la empresa. Mansfield (1963, 1966), Nabseth y Ray (1974), Hakonson (1974), Romeo (1975), Globerman (1975), McLaughlin (1979), Benvignati (1982) y Antonelli (1985) concluyen sus trabajos señalando que las empresas más grandes adoptan las innovaciones de proceso con mayor rapidez que las pequeñas.

Los sindicatos no se comportan siempre de igual manera ante las innovaciones. Esta afirmación se desprende de la revisión de diversos trabajos empíricos que introducen esta variable para explicar el comportamiento innovador de las empresas. Entre estos trabajos, destaca el de McLaughlin (1979), que señala que la estrategia a largo plazo que parece dominar en los sindicatos es la de procurar

negociar con la empresa en determinadas condiciones que atenúen el impacto de la innovación en sus afiliados. Benvignati (1982 a), utilizando esta variable, obtiene una influencia positiva en la rapidez de adopción de las innovaciones.

El esfuerzo que la empresa dedica a actividades de I + D es otra variable que puede ayudarnos a medir el *ratio* de difusión. Stoneman (1985) señala que las actividades de I + D y la difusión de innovaciones son procesos integrados.

A través de la estructura organizativa, la empresa trata de controlar los procesos de decisión y los mecanismos de coordinación e integración. En la literatura revisada, no ha sido sencillo encontrar variables de estructura organizativa entre los determinantes de la difusión; sólo un trabajo de Antonelli (1985) demuestra que la centralización es un factor positivo que favorece la difusión.

Una dirección más dinámica será más propensa al riesgo. De esta forma, una gran empresa puede tener una mejor posición para asumir riesgos y explotar la ventaja económica de una innovación.

Mansfield (1963) utiliza la liquidez de la empresa como variable para explicar la rapidez de adopción. Inicialmente, podríamos pensar que las empresas con más recursos líquidos podrán financiar más fácilmente la inversión y, por tanto, adoptarla antes que otras con menos recursos. Sin embargo, no se encuentra una relación significativa entre liquidez de la empresa y tiempo de adopción de la innovación.

A nivel industria, destacaremos cuatro aspectos como determinantes del *ratio* de difusión:

- 1) la estructura de mercado en la industria;
- 2) el factor sustituibilidad en el proceso de producción de la industria;
- 3) la extensión de participación extranjera o actividades multinacionales, y
- 4) El nivel de I + D de la industria.

Sin duda, la estructura de mercado y el nivel de I + D de una industria son los principales factores que afectan a las diferencias entre industrias en el *ratio* de difusión. Cuando se acentúa la importancia de la presión competitiva en la decisión de adoptar una innovación, las industrias más competitivas tendrán *ratios* de difusión más altos. Y cuando se piensa más en términos de la renta que puede ser capturada al adoptar una innovación, los *ratios* de difusión podrían ser más altos en las industrias menos competitivas.

De signo contrario se muestra la literatura empírica en torno a la relación entre estructura de mercado y actividades de I + D en la industria. Hay muy pocos estudios empíricos que analicen esta relación, pero éstos parecen indicar que las innovaciones tienden a extenderse (o difundirse) en las industrias menos concentradas.

En Mansfield (1968) y Romeo (1975, 1977) la intensidad de I + D en la industria (gasto de I + D como porcentaje de la cifra de ventas) es también considerada como determinante del *ratio* de difusión de la innovación. Estos autores argumentan que las industrias más intensivas en I + D pueden ser más rápidas en adoptar la innovación porque es probable que dichas industrias estén en mejor posición para comprender y aceptar nuevas tecnologías.

Si escasos son los trabajos que analizan la difusión de nuevos productos o procesos en España, todavía lo son más los dedicados a analizar los factores determinantes de la difusión (7).

Como hemos comentado anteriormente, hay un conjunto de factores (tamaño de la empresa, rentabilidad, gastos de I + D, ...) que permiten explicar las diferencias a la hora de adoptar o difundir una innovación.

En el caso de la industria robótica en España, no hay evidencias empíricas que nos permitan decir qué factores de los anteriormente mencionados explican la difusión entre empresas. Tan sólo a nivel descriptivo se vierten algunas afirmaciones en torno a la variable tamaño de la empresa. Los argumentos que se esgrimen vienen a corroborar los resultados que, de una forma teórica, se han destacado al principio del epígrafe; es decir, las empresas españolas de mayor tamaño han sido las pioneras a la hora de aceptar o introducir el robot.

Las razones de este hecho las apuntaba Mansfield (1966) para explicar la incidencia positiva en la rapidez de adopción:

- Cuanto más grande es la empresa, mayor es la probabilidad de que exista algún equipo dispuesto a ser reemplazado.
- La empresa grande tiene más recursos y facilidades para acomodar los nuevos equipos.
- Disposición de mayor volumen de fondos financieros.
- Acceso en mejores condiciones a canales y

fuentes de comunicación externa, lo cual contribuye a que estén más informadas sobre los avances técnicos que las empresas de menor tamaño.

En cuanto a los resultados que se producen en otros países, cabe destacar un artículo publicado en la *Revista de Robótica* en 1987. En él se destaca el hecho de que la industria americana no se robotiza al mismo ritmo que, no ya la japonesa, sino la de la mayoría de los países europeos. El mismo trabajo señala que, si bien las grandes empresas USA han introducido esta tecnología a un ritmo similar al de otros países, la pequeña y mediana empresa se comporta de forma muy lenta. Este mismo resultado se ha producido en otros países europeos, como Italia y Suiza.

Es destacable, en otro sentido, el caso de Francia. En este país, el porcentaje de robots instalados en las empresas de menos de 1.000 trabajadores ha pasado del 18 por 100 en 1983 a cerca del 28 por 100 en 1987. Este hecho permite vaticinar que la introducción de robots en la industria, en los años 90-95, se hará casi a partes iguales entre las pequeñas y medianas empresas, por un lado, y las grandes, por otro.

En cuanto al resto de las variables antes mencionadas, no hay ninguna evidencia empírica que confirme si realmente influyen o no sobre la rapidez de adopción y difusión de los robots.

## NOTAS

(1) Véase Lafuente, Salas y Yagüe (1985a), capítulo 1, para una revisión de estos trabajos.

(2) Véase también Soete y Turner (1984).

(3) Estudios sobre el proceso de aceptación y difusión de productos y procesos financieros por parte de bancos y cajas de ahorros españoles pueden verse en Polo (1986 y 1988).

(4) La ecuación que describe el comportamiento de las ventas en el tiempo es:

$$S_t = a + b y_{t-1} + c y_{t-1}^2 \quad ; \quad t = 2, 3, \dots \quad [1]$$

donde:

$S_t$ , ventas en  $t$ .

$$y_{t-1} = \sum_{i=1}^{t-1} S_i, \text{ ventas acumuladas hasta } t-1$$

Para conocer los parámetros del modelo:

$$q = -Mc \quad ; \quad p = \frac{a}{M} \quad ; \quad M = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac / 2c})$$

Donde:  $M$  = mercado potencial.

$p$  = parámetro de innovación.

$q$  = parámetro de imitación.

Conocidos  $p$ ,  $q$  y  $M$ , la ecuación [1] permite hacer previsiones sobre las ventas únicamente en función de  $t$ .

(5) Para llevar a cabo este trabajo —y sobre todo debido a las escasas posibilidades de conseguir información de fuentes estadísticas— se elaboró una encuesta, la cual se remitió al conjunto de la banca privada española y de las cajas de ahorros confederadas. En ella se solicitaba información sobre un conjunto de innovaciones de producto/servicio, proceso productivo y proceso administrativo.

El porcentaje de respuesta obtenido se consideró aceptable para llevar a cabo la investigación.

(6) El modelo de Mansfield (1961) viene dado por la ecuación:

$$N_i(t) = M_i (1 + e^{(\eta_i - \phi_i t)})^{-1} \quad [2]$$

que determina el número de adoptantes previos en  $t$  de la innovación  $i$ , en función del tiempo  $N_i(t)$ .

Donde  $\eta_i$  y  $\phi_i$  son parámetros, y  $M_i$  el número de adoptantes potenciales de la innovación  $i$ .

Sustituyendo  $N_i(t)$  por su aproximación discreta  $N_{it}$ , y después de ordenar los términos, la ecuación [2] puede expresarse por:

$$\ln \left( \frac{N_{it}}{M_i - N_{it}} \right) = \eta_i + \phi_i t \quad [3]$$

Dado que se conocen los valores de  $N_{it}$  para las dos innovaciones de proceso, los parámetros  $\eta_i$  y  $\phi_i$  pueden ser estimados ajustando la ecuación [3] a dichos datos.

(7) En Polo (1987) puede verse un estudio sobre el proceso de aceptación y difusión de la terminal de teleproceso por parte de bancos y cajas de ahorros españoles.

Como resultados más relevantes para el proceso de aceptación tendríamos:

- las empresas de mayor tamaño (cajas y bancos) introducen de forma más rápida esta innovación;
- las cajas de ahorros adoptan la terminal de teleproceso antes que los bancos.

Y para el proceso de difusión que:

— la rapidez de la difusión interna de las terminales de teleproceso es mayor en bancos que en cajas de ahorros.

## BIBLIOGRAFIA

- ABRAMOVITZ, M. (1956): «Resource and Output Trends in the United States since 1870», *American Economic Review and Proceedings*, mayo.
- ANTONELLI, C. (1985): «The Diffusion of an Organizational Innovation», *International Journal of Industrial Organization*, 3, North Holland.
- (1988): «The Role of Profitability in a Mixed Model of Diffusion», Congreso EARIE, Rotterdam, agosto-septiembre.
- ARCANGELI, F., y CAMAGNI, R. (1988): «The Flexible Automation Trajectory in Time and Space», *European Summer Institute of the Regional Science Association*, ARCO (Trento), Italia, julio.
- BASS (1969): «A New Product Growth Model for Consumer Durables», *Management Science*, n.º 5, Vol. 15.
- BENVIGNATI, A. (1982 a): «Interfirm Adoption of Capital Goods Innovations», *The Review of Economics and Statistics*, mayo.
- (1982 b): «The Relationship between the Origin and Diffusion of Industrial Innovation», *Economica*, agosto.
- BROWN, L. A. (1981): *Innovation Diffusion. A New Perspective*; Metlemen, New York.
- CAICARNA, G. C.; COLOMBO, M. G., y MARIOTTI, S. (1987): «An Evolutionary Pattern of Innovation Diffusion. The Case of Flexible Automation». Presentado a la 4.ª Conferencia Anual de la European Association for Research in Industrial Economics, Madrid, agosto-septiembre.
- CASTELLS y otros (1986): *Nuevas tecnologías, economía y sociedad en España*, Alianza Editorial, S. A., Madrid.
- DENISON, E. (1967): *Why Growth Rates Differ*, The Brookings Institution, Washington D.C.
- EDQUIST, J., y JACOBSSON, S. (1988): *Flexible Automation, the Global Diffusion of New Technology in the Engineering Industry*, Oxford, Basil Blackwell.
- FREEMAN, C. (1982): *The Economics of Industrial Innovation*, Frances Pinter (Publishers), Londres.
- GLOBERMAN, S. (1975): «Technological Diffusion in the Canadian Tool and Die Industry», *Review of Economics and Statistics*, noviembre.
- GRUBER, W. H., y MARQUIS, D. G. (1969): *Factors in the Transfer of Technology*, MIT Press.
- HAKONSON, S. (1974): «Special Presses in Paper Making», en Nabseth and Ray (ed.), *The Diffusion of New Industrial Processes. An International Study*, National Institute of Economic and Social Research, Cambridge University Press.
- LA FUENTE, A.; SALAS, V., y YAGÜE, M. J. (1985 a): *Productividad, capital tecnológico e investigación en la economía española*, Ministerio de Industria y Energía.
- (1985 b): «Productividad global y capital de I + D en la economía española (1965-80)», *Investigaciones Económicas*, n.º 27, mayo-agosto.
- MANSFIELD, E. (1961) «Technical Change and the Rate of Imitation», *Econometrica*, n.º 4, vol. 29, octubre.
- (1963): «The Speed of Response of Firms to New Techniques», *Quarterly Journal of Economics*.
- (1966): «Measuring the Rate of Technological Change», «Determinants of the Rate of Technological Change» y «Diffusion of Innovations», en *Employment Impact of Technological Change*, Appendix, vol. II; Report of the National Commission in Technology, Automation and Economic Progress, Washington D.C.
- (1968): *Industrial Research and Technological Innovation: An Econometric Analysis*, New York, W. W. Norton and Co.
- MARTÍNEZ, A. (1988): «Nuevas tecnologías de fabricación en la industria española», *IV Jornadas de Economía Industrial*, Madrid, septiembre.
- MCLAUGHLIN, D. (1979): *The Impact of Labor Unions on the Rate and Direction of Technological Innovation*, Prepared for the National Science Foundation, febrero.
- NABSETH, L. (1973): «The Diffusion of innovations in Swedish Industry», en B. R. Willians (ed.) *Science and Technology in Economic Growth*; Londres, The McMillan Press, Cap. 10.
- NABSETH y RAY, eds. (1974): *The Diffusion of New Industrial Processes. An International Study*, National Institute of Economic and Social Research, Cambridge University Press.
- PARKER, J. E. S. (1974): *The Economics of Innovations*, Londres, Logman.
- POLCO, Y. (1986): «Actividad innovadora en el sector de intermediarios financieros españoles», *Revista de Economía del Boletín Económico de Información Comercial Española*, Ministerio de Economía y Hacienda, n.º 2.047, Madrid, agosto.
- (1987): «Determinantes empresariales de la adopción de innovaciones: Terminales de teleproceso en el sector bancario español», *Investigaciones Económicas*, vol. XI, n.º 2, Madrid.
- (1988): «Proceso de aceptación de innovaciones: un análisis empírico para las empresas bancarias», *PAPELES DE ECONOMÍA ESPAÑOLA, Suplementos sobre el Sistema Financiero*, n.º 21, Madrid.
- Revista de Robótica* (1987 y 1988): «Análisis sobre el mercado de robótica», números 26, 29 y 32.
- ROBERTSON, T. S. (1971): *Innovative Behaviour and Communication*, Holt, Rinehart & Winston.
- ROGERS, E. (1982): *Diffusion of Innovations*, 3.ª edición, New York, The Free Press.
- ROMEO, A. (1975): «Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation», *Review of Economics and Statistics*, agosto.
- (1977): «The Rate of Imitation of a Capital Embodied Process Innovation», *Economica*, n.º 44.
- ROSENBERG, N. (1982): *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press.
- SCHERER, F. (1980): *Industrial Market Structure and Economic Performance*, 2.ª edición, Chicago, Rand McNally College Publishing Company.
- SCHUMPETER, J. (1934): *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Harvard University Press.
- SOETE y TURNER (1984): «Technological Diffusion and Rate Change», *Economic Journal*, n.º 94.
- SLOW (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function», *Review of Economics and Statistics*, Agosto.
- STONEMAN, P. L. (1985): «Technological Diffusion: the Viewpoint of Economic Theory», *Warwick Economic Research Papers*, n.º 270.