

Difusión tecnológica, productividad y cambio organizativo

Carmen Camacho

Université catholique de Louvain-la-Neuve

Eva Moreno-Galbis

Université catholique de Louvain-la-Neuve

Resumen

El tardío impacto que la introducción de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación ha tenido sobre el crecimiento económico ha concentrado gran parte de la atención de la profesión económica de los últimos decadas. Este trabajo recorre la literatura más relevante referida al proceso de adopción tecnológica y a sus efectos sobre la productividad y el funcionamiento de las empresas. Se muestra que tras años de investigación las teorías que parecen cobrar más fuerza son las que consideran el proceso productivo como un todo en el que la introducción de nuevas tecnologías debe ir acompañada de un aumento en la formación de la mano de obra y de un cambio en la organización interna del trabajo si se desea que haya un impacto positivo sobre los resultados de la empresa.

Palabras clave: difusión tecnológica, productividad, cambio organizativo, complementariedad de factores.

Clasificación JEL: J22, L63, L86, O30, O33, O40, O47.

Abstract

The delayed impact of technological change on economic growth has attracted the attention of the economic profession over the past decades. This paper presents a review on the most relevant literature concerning technological adoption and its effects on the productivity and functioning of firms. After years of research, there starts to be a common agreement on the fact that the production process must be understood as whole where any technological change needs to be accompanied by a skill-upgrading of the labor force as well as by a modification in the workplace organization if the firm wants to benefit from a positive impact on its productivity.

Keywords: technological diffusion, productivity, organizative change, factor complementarity.

JEL classification: J22, L63, L86, O30, O33, O40, O47.

1. Introducción

Tras la comercialización del microchip de Intel en 1971, se esperaba una reacción de la economía similar a la de la segunda revolución industrial, con subidas generalizadas de la productividad y niveles de vida. Sin embargo, entre 1973 y 1995

* Esta investigación se ha beneficiado del apoyo de la Comunidad francesa de Bélgica, programa «Action de Recherches Concertées» 03/08-302. Este estudio forma parte de un programa del gobierno belga («Pole d'Attraction Interuniversitaire», PAI P5/21).

la economía mundial sufrió una deceleración en la producción (véase Tabla 1) al mismo tiempo que se invertía masivamente en las nuevas tecnologías. Han sido necesarios veinte años para que las expectativas creadas alrededor de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) se realizaran. Este trabajo analiza la génesis de las tecnologías de interés general (TIG) y describe las diferentes visiones sobre los factores responsables de la explosión tardía del crecimiento de la producción.

TABLA 1
CRECIMIENTO MEDIO DEL PRODUCTO PER CÁPITA, 1950-1987, 1990-2000
(EN PORCENTAJE)

	1950-1973	1973-1987	1990-2000
Francia	4,0	1,8	1,4
Alemania	4,9	2,1	1,3
Japón	8,0	3,1	1,1
Reino Unido	2,5	1,8	1,9
Estados Unidos	2,2	1,6	2,2

FUENTE: Las dos primeras columnas han sido construidas a partir de las tablas 3.3, 3.5, 5.3, 5.4 y 5.19 de MADDISON (1991). La última columna corresponde al informe de la OCDE «OECD Economic Outlook No.70».

Una vez creada una TIG se necesitan invenciones secundarias para que ésta alcance el nivel de revolución tecnológica. Como señalan David y Wright (2003), existen factores humanos, técnicos, institucionales y organizativos que explican el desfase entre la creación de una TIG y su punto álgido de productividad. En el caso del microchip fueron necesarios, entre muchos otros, los semiconductores, *softwares* adaptados e internet. Es más, podemos añadir otra etapa: la miniaturización. Después deben seguir las etapas de difusión y adaptación de dicha tecnología. Es primordial desarrollar una mano de obra capaz de trabajar con las nuevas tecnologías y reorganizar el trabajo en las empresas para explotar la nueva maquinaria lo más eficientemente posible.

Greenwood y Yorukoglu (1997) describen el microchip, o en general las TIC, como la tercera revolución industrial. Greenwood, Hercowitz y Krussel (1997) calculan que el 60 por 100 del crecimiento de los EE.UU. en las últimas décadas se explica por la adopción de las TIC. Aunque esta visión fue muy celebrada, no tardaron en elaborarse otras teorías. Para Gordon (véase Gordon, 2000), una revolución industrial afecta a todos los ámbitos de la vida humana. Con los datos disponibles en el año 2000, las ganancias de productividad estaban concentradas en el sector electrónico y no había habido externalidades positivas. Gordon (2000) privilegia la teoría del «business cycle» para explicar la aceleración de la productividad en la segunda mitad de los años 90.

Desde entonces, la contabilidad en los EE.UU. ha sido revisada y los datos de inversión en TIC han cambiado drásticamente. La compra de programas y periféricos forma ahora parte de la inversión de las empresas, mientras que anteriormente eran considerados como gasto. Con la nueva ola de datos, Gordon realizó en 2004 (véase Gordon, 2004) un nuevo ejercicio econométrico en el que las TIC se revelan como principal factor determinante en la mejora de la productividad. Sin embargo, seguiría existiendo un componente cíclico en el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF), lo que él llama «early recovery productivity bubble».

Más allá del problema contable, se han estudiado otros factores que explican la deceleración de la productividad entre 1973 y 1995. Por un lado encontramos la denominada creación destructiva: muchas empresas han tardado en pasar a las nuevas tecnologías dado su coste (adoptar nuevas tecnologías implica en muchos casos desechar la maquinaria ya existente en la empresa). Al cabo de unos años, el hecho de no producir usando la tecnología punta tiene consecuencias negativas para la empresa. Según la teoría schumpeteriana, cuando los beneficios de adopción de una nueva tecnología superan su coste, se opera el cambio.

Por otro lado, se necesita tiempo para difundir y adaptar la tecnología. Las dos etapas necesitan tanto más tiempo cuanto más compleja es dicha tecnología. Este tiempo se reduce con la adecuada formación de los trabajadores y con cambios en la organización interna de las empresas destinados a un uso más eficiente de la nueva maquinaria. La existencia de una relación de complementariedad entre el trabajo cualificado y el capital tecnológico fue profundamente analizada a lo largo de la década de los 90 (véase, por ejemplo, los trabajos de Berman, Bound y Griliches, 1994; Machin, Ryan y Van Reenen, 1998, o más recientemente Krusell *et al.*, 2000). Los estudios referidos a la importancia de los cambios organizativos promovidos por la adopción de las TIC son más recientes. En Caroli y Van Reenen (2001) los autores muestran cómo los cambios en la organización interna de las empresas implementados en las últimas décadas han favorecido la demanda de trabajo cualificado. Paralelamente, Askenazy y Gianella (2000) y Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002) mostraban empíricamente la importancia de acompañar toda adopción tecnológica en una empresa con un cambio en la organización del trabajo si se deseaba obtener un impacto positivo en la productividad¹. Las estadísticas descriptivas presentadas en la Tabla 2 muestran como en todos los países de la OCDE considerados, el progresivo incremento de la inversión en TIC ha sido acompañado por la introducción de prácticas organizativas innovadoras.

¹ Los resultados empíricos obtenidos por ASKENAZY y GIANELLA (2000) y BRESNAHAN, BRYNJOLFSSON y HITT (2002) permiten corroborar la hipótesis sugerida en los trabajos de MILGROM, QIAN y ROBERTS (1991) y MILGROM y ROBERTS (1995) de que el sistema de producción está compuesto por un conjunto de factores complementarios.

TABLA 2
INVERSIÓN EN NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS ORGANIZATIVAS
INNOVADORAS EN DISTINTOS PAÍSES DE LA OCDE

	Inversión TIC ¹ en los países de la OCDE		Prácticas organizativas innovadoras ²			
	1980	2000	Rotación de trabajadores	Grupos de trabajo	Mayor impli- cación del trabajador	Reducción de la jerarquía
Alemania	7,7	19,2	7	20	19	30
España	5,6	10,1	14	34	33	*
Francia	6,1	13,1	6	30	44	21
Italia	8,0	16,7	13	28	24	10
Reino Unido	5,6	22,0	13	33	48	45

¹ Porcentaje no residual de la formación bruta de capital, total economía. Las TIC cubren equipos informáticos, de oficina y de comunicación. Los programas informáticos (software) comprados y producidos por la empresa también se incluyen en las TIC.

² Porcentaje de establecimientos declarando en 1996 que alguna de las prácticas organizativas innovadoras citadas había sido adoptada por su empresa durante los tres años precedentes (en el caso de Italia la referencia son los tres meses precedentes).

* Datos no disponibles.

FUENTE estadística para las TIC: estimaciones de la OCDE basadas en cuentas nacionales.

FUENTE estadística para las prácticas organizativas innovadoras: Perspectivas de empleo OCDE 1999.

Este trabajo se divide en cuatro secciones. En la sección 2 se analizan las diferentes teorías desarrolladas por la literatura económica para explicar el tardío impacto de las nuevas tecnologías en el crecimiento económico. En esta misma sección se replican también algunos de los trabajos empíricos más relevantes existentes sobre el tema. En la sección 3 se examinan los cambios en la organización del trabajo en las empresas propulsados por la adopción de nuevas tecnologías. La cuarta de las secciones presenta la evidencia empírica existente sobre la complementariedad entre nuevas tecnologías, cambio organizativo y productividad. La última sección establece conclusiones.

2. Difusión tecnológica y productividad

2.1. Modelos teóricos

Un modelo de crecimiento económico debe replicar la deceleración en la productividad después de la invención de una TIG durante un período de duración variable e intrínseco a la TIG, al estado de la economía y al comportamiento de los inversores. Debe también reproducir la aceleración económica una vez pasado el

período de difusión y adaptación. En esta sección propondremos un modelo de base y sobre él, añadiremos los factores cruciales en el desarrollo de una TIG. Describiremos a continuación el modelo de Solow (1960):

$$y = F(k, l) \quad (1)$$

$$c + i = F(k, l) \quad (2)$$

$$\frac{dk}{dt} = iq - \delta k \quad (3)$$

donde y es el producto, F la función de producción, k el capital físico, l el trabajo, c el consumo, i la inversión y δ la depreciación del capital. La producción se puede utilizar tanto para el consumo como para la inversión. La acumulación del capital es igual a la inversión menos la depreciación. Solow introdujo en 1957 (véase Solow, 1957) la variable q que mide el avance tecnológico en el sector de producción de nuevos bienes de capital. Es decir, esta tecnología es intrínseca a dicho sector y cuanto mayor es su valor, más rápido se acumula el stock de capital. Se consigue así que la inversión sea necesaria para el progreso tecnológico.

Esta modelización de la tecnología implica que en una economía coexiste capital de un número infinito de generaciones tecnológicas. El capital total en la economía es:

$$k(t) = \int_0^{\infty} e^{-\delta s} q(t-s) i(t-s) ds \quad (4)$$

En un contexto competitivo, el precio relativo del capital es $p = 1/q$. Es decir, cuanto más productivo es el sector de capital (mayor q), menores son los costes marginales de producción y por tanto menor es su precio. Se consigue así replicar las observaciones de los últimos años en los que las TIC se han desarrollado incesantemente y el precio de los ordenadores ha disminuido un 18 por 100 anual entre 1960 y 1995. Durante 1995-1998 esta tasa fue de 27,6 por 100².

Tomándolo como modelo de base, se pueden añadir educación, costes de aprendizaje y otra serie de características que enumeramos a continuación y que permiten enriquecer la capacidad del modelo para reproducir las evoluciones económicas observadas:

1. Comenzaremos introduciendo una curva de aprendizaje en la función de producción (véase Boucekine, 2000). Si cada planta produce utilizando una generación de capital τ , su producción puede describirse como:

$$y_{\tau}(t) = z_{\tau}(t) F(k_{\tau}, l_{\tau}) \quad (5)$$

² Datos de JORGENSEN y STIROH (2000).

con $z_\tau(t) = (1 - z^*e^{-\lambda t})^{1-\beta}$ y $z^* = \omega\gamma_q^\mu$, donde γ , β , ω , μ son parámetros positivos de la curva de aprendizaje y $\beta < 1$. Nótese que

$$z_\tau(0) = (1 - z^*)^{1-\beta} \quad (6)$$

Cuanto mayor sea z^* , menor es la productividad inicial y más queda por aprender. Si $\lambda = 1,2$, $\beta = 0,7$, $\omega = 0,3$, $\mu = 12$ y la tasa de crecimiento intrínseco

$\left(\frac{\dot{q}}{q}\right)$ es de 4 por 100, se necesitan 15 años para utilizar la nueva tecnología a pleno rendimiento (véase Boucekkine, 2000, y Greenwood y Jovanovic, 2000).

2. En el modelo descrito por las ecuaciones (1) a (6), las empresas adoptan la nueva tecnología inmediatamente. La difusión se puede ver retardada por varias razones: la creación destructiva de Schumpeter, la formación de la mano de obra, la falta de información, etc. Jovanovic y Lach (1997) estudian la difusión de 21 bienes. Se necesitarían 15 años de media para que la tasa de difusión de un producto pase de un 10 a un 90 por 100. Greenwood y Jovanovic (2000) proponen la siguiente modelización de la tasa de difusión, x :

$$x = \frac{1}{1 + e\Delta - \epsilon t} \quad (7)$$

que entra en el aprendizaje tecnológico vía z^* :

$$z^* = \omega\gamma_q^\mu + \xi(1 - x)^\sigma \quad (8)$$

donde ξ y σ son parámetros positivos. x sería el número de empresas que adoptan la nueva tecnología. Así pues, cuantos más utilizadores haya en la economía, más rápido es el aprendizaje para todos. Existen aquí spill-overs entre las empresas.

3. Existen modelos que incluyen sectores de I+D. Krusell (1998) propone una formulación en la que la investigación acelera el ritmo de progreso tecnológico:

$$\frac{dq}{dt} = q^\gamma Q^{1-\gamma} R(h) \quad (9)$$

donde q es la tecnología en una industria particular, Q es la media del nivel tecnológico en la economía y $R(\cdot)$ es una función creciente y cóncava que representa la investigación como función del número de investigadores, h .

Dentro del conjunto de estudios que han enriquecido el modelo seminal de Solow introduciendo capital humano, citaremos igualmente el trabajo de Parente (1994). En este estudio se considera que existe una inversión en capital humano específica del sector de producción de bienes de capital, generando así crecimiento endógeno. Además, los trabajadores pertenecen a una determinada generación de conocimiento.

4. Otra rama de la literatura ha investigado el efecto de creación destructiva (véase, por ejemplo, Boucekkine, Germain y Licandro, 1997). Tomamos de Boucekkine, del Rio y Licandro (2003) la modelización e interpretaciones que siguen. Se introduce un proceso de aprendizaje («learning by doing») para endogeneizar el progreso técnico: cuanto más se invierte, más capital y experiencia se acumulan, lo que aumenta la innovación, la producción y la productividad. La función de progreso tecnológico desincorporado sería $z = z_0 k^\gamma$ y la del incorporado $q = q_0 k^\lambda$, donde z_0 , q_0 , λ y γ son parámetros

positivos. La tasa de crecimiento de la tecnología $\frac{\dot{q}}{q} = \gamma_q$ refleja también

la tasa de obsolescencia del capital. Asumiendo que $\alpha + \gamma + \lambda = 1$ (los rendimientos sociales del capital son constantes), podemos obtener la tasa de crecimiento de la economía:

$$g = \frac{1}{\hat{\sigma}} (\alpha z_0 q_0 - \delta - \rho) \quad (10)$$

donde σ es la elasticidad de sustitución y $\hat{\sigma} = \sigma + \frac{\lambda}{1 - \lambda}$. Si el aprendizaje

en el sector de bienes de capital es más eficiente (aumento de λ), se produce una disminución de la tasa de crecimiento de la producción: dado que el progreso técnico incorporado sólo afecta a los nuevos bienes de inversión, una aceleración en su crecimiento provocará también una aceleración en el ritmo al que el capital ya existente se vuelve obsoleto. El aumento en los costes de obsolescencia se traduce en un aumento en el coste de uso del capital, lo cual tiende a ralentizar el crecimiento.

Siguiendo a Phelps [1962] podemos afinar la descomposición del progreso

tecnológico total $\frac{\dot{a}}{a}$:

$$\frac{\dot{a}}{a} = \frac{\dot{z}}{z} + \alpha \frac{\dot{q}}{q} = (r + \alpha\lambda) \frac{\dot{k}}{k} = (1 - \alpha)(1 - \lambda) \frac{\dot{k}}{k} \quad (11)$$

Se puede ver que una fracción del progreso tecnológico es debida al progreso tecnológico incorporado $\left(\frac{1 - \alpha - \lambda}{(1 - \alpha)(1 - \lambda)} \right)$ y otra al no-incorporado

$\left(\frac{\alpha \lambda}{(1 - \alpha)(1 - \lambda)} \right)$. Para un α dado, un aumento de λ corresponde a un cambio

en la composición del progreso tecnológico: más progreso técnico incorporado en detrimento del no-incorporado (véase Blanchard, 1997). Es la llamada reasignación tecnológica, y explica desde otra perspectiva el «productivity slowdown». El efecto de reasignación conduce a un descenso de la tasa de crecimiento de la producción y del consumo. También lleva a una aceleración en la disminución del precio relativo del capital y a la deceleración del progreso tecnológico no-incorporado.

2.2. Evidencia empírica

Esta sección recorre la literatura empírica existente sobre el efecto de las TIC en el crecimiento. Jorgenson (2001) propone el siguiente modelo macroeconómico del proceso productivo con el fin de detallar las distintas fuentes del crecimiento económico. La producción total (Y) consiste en bienes de inversión (I) y de consumo (C). Estos bienes se producen a partir del agregado de inputs (X) formado a su vez a partir de servicios de capital (K) y servicios del trabajo (L). A su vez, cada uno de estos factores puede tener varios subcomponentes:

$$Y(I, C) = AX(K, L) \quad (12)$$

donde la tecnología (A) es Hicks neutra. De este modo se puede cuantificar la contribución al crecimiento de la producción de las diferentes inversiones (en ordenadores, software o equipos de comunicación, por ejemplo). Asimismo, se puede medir la contribución al crecimiento de los diferentes tipos de consumo, tales como los servicios de ordenadores y software. Modificando (12) llegamos a

$$\Delta \ln y = v_k \Delta \ln k + v_L (\Delta \ln L - \Delta \ln H) + \Delta \ln A \quad (13)$$

Esta ecuación revela así las tres fuentes de crecimiento de la productividad media del trabajo (PM_{e_L}). El primer término corresponde a la intensificación en el uso del capital, es decir, el crecimiento de servicios del capital por hora. Se mejora la productividad de los trabajadores dándoles más capital por hora. El segundo término refleja la mejora en la calidad del trabajo, definida como la diferencia entre las tasas de crecimiento del input de trabajo y las horas trabajadas. Finalmente, el tercer factor es el crecimiento de la PTF.

La Tabla 3 contiene los resultados de este ejercicio para los periodos 1973-1990, 1990-1995 y 1995-1998. Según este estudio, la producción nacional en EE.UU. creció en el período 1995-98 un 4,08 por 100. Esta tasa de crecimiento se descompone entre el crecimiento de las horas trabajadas (1,98 por 100) y el de la PMe_L (2,11 por 100). La intensificación en el uso del capital explica 1,24 puntos porcentuales del crecimiento en la producción, 0,12 puntos se deben a la mejora de la calidad del trabajo y 0,75 puntos al aumento en la PTF. De los 0,75 puntos explicados por la PTF, 0,50 puntos porcentuales pueden atribuirse al sector de nuevas tecnologías. Este dato refleja la mejora de la tecnología así como un aumento en la eficiencia de la producción.

Sirviéndose de otras bases de datos, Oliner y Sichel (2000) estiman una ecuación semejante a (13) y obtienen resultados similares (véase Tabla 4): 0,94 puntos porcentuales del crecimiento de la PMe_L entre 1995 y 1999 se pueden atribuir al sector de TIC, 0,31 a la calidad del trabajo y 1,25 al aumento de la PTF. Las diferencias en los resultados de estos artículos residen en la definición más amplia de capital utilizada por Jorgenson y Stiroh (2000) y Jorgenson (2001).

Según Yang y Brynjolfsson (2001) existen cantidades enormes de activos intangibles, contabilizados como gasto y no como inversión. Estos activos son cruciales para la productividad de las empresas. Ejemplos de estos activos son el software, el coste de instalación de ordenadores, las nuevas prácticas, el capital humano específico a la firma, el saber hacer de los directivos, el coste de formación, el rediseño de procesos, la realocación de derechos de decisión y los sistemas de incentivos. Basándose en las estimaciones de Jorgenson (2001), calculan que si el ratio activos tangibles a intangibles es de 1 a 5³, el crecimiento de la PTF es de 1,47 por 100 y no de 0,75 por 100 como calcula Jorgenson (véase Tabla 3) –para ratios menos altos el efecto sobre la productividad es menor pero distinto de cero–. Si se toman como referencia los resultados de Oliner y Sichel (2000), para el mismo ratio entre capital tangible e intangible, el crecimiento de la PTF debería ser de 2,03 por 100 y no de 1,25 por 100, como obtienen Oliner y Sichel (véase Tabla 4). Además, en este caso dos tercios del «productivity slowdown» acontecido entre 1973 y 1995 desaparecerían. Este trabajo pone de manifiesto la necesidad de una revisión profunda de la definición de inversión para poder estudiar el impacto de las TIC en la productividad de las empresas.

Gordon (2004) evalúa los últimos treinta años en términos de productividad e inversión en TIC. Considera que el trabajo de Oliner y Sichel (2000) no puede explicar el boom en el crecimiento de la productividad entre 2000 y 2002, cuando la inversión en TIC disminuyó a la mitad. Una explicación podría ser la de los activos intangibles de Yang y Brynjolfsson (2001). Gordon ve en este crecimiento un comportamiento cíclico. Los directivos habrían implementado una política de reducción de costes y despedido al personal especializado que fue responsable de la

³ Gordon propone este ratio (véase GORDON, 2004).

adopción de las nuevas tecnologías. También estarían dando fruto las nuevas prácticas organizativas (para una descripción detallada, véase sección 3) y de producción necesarias para una explotación óptima de las TIC. La reducción de costes encontraría la tecnología adoptada años atrás en su punto álgido –o casi– de desarrollo, lo que lleva a la productividad a estos niveles elevados sin que haya un nivel comparable de inversión.

TABLA 3
FUENTES DE CRECIMIENTO DE LA PMe_L *

	1973-90	1990-95	1995-98
Crecimiento de PMe_L	1,26	1,19	2,11
Contribuciones:			
Intensificación del capital	0,79	0,64	1,24
TIC	0,35	0,43	0,89
No TIC	0,44	0,21	0,35
Calidad del Trabajo	0,22	0,32	0,12
PTF	0,25	0,24	0,75
TIC	0,19	0,25	0,50
No TIC	0,06	-0,01	0,25
PTF «intangible»	0,378	0,32	0,72
Contribución revisada de la PTF	0,63	0,56	1,47

* Datos: JORGENSEN (2001), estimaciones de YANG y BRYNJOLFSSON (2001) para un ratio entre capital intangible y tangible de 5.

TABLA 4
FUENTES DE CRECIMIENTO DE LA PMe_L EN EL SECTOR PRIVADO NO AGRÍCOLA*

	1974-90	1991-95	1996-99
Crecimiento de PMe_L	1,43	1,61	2,66
Contribuciones:			
Intensificación del Capital	0,81	0,60	1,09
TIC	0,45	0,48	0,94
Otros Servicios de Capital	0,36	0,12	0,16
Calidad del Trabajo	0,22	0,44	0,31
PTF Agregada	0,40	0,57	1,25
TIC	0,20	0,26	0,63
No TIC	0,20	0,30	0,62
PTF «intangible»	0,51	0,53	0,87
Contribución revisada de la PTF	0,84	1,01	2,03

* Datos: OLINER y SICHEL (2000), estimaciones de YANG y BRYNJOLFSSON (2001) para un ratio entre capital intangible y tangible de 5.

3. Difusión tecnológica y cambio organizativo

3.1. Definición de cambio organizativo

La organización tradicional o taylorista de las empresas se caracteriza esencialmente por la presencia de una importante jerarquía vertical, una supervisión estrecha de los empleados, pautas de trabajo muy estrictas, ausencia de grupos de trabajo y escasa comunicación entre directivos y trabajadores. Es más, los incentivos salariales se basan en el principio de la cantidad y no de la calidad.

La última década ha sido testigo de profundas transformaciones en la tecnología de producción y en la naturaleza del capital humano y físico, que han favorecido un proceso de reestructuración de la organización del trabajo en el seno de muchas empresas localizadas en los países industrializados. Evidentemente la naturaleza de este proceso de organización varía de un establecimiento a otro, sin embargo, la evidencia empírica existente permite distinguir algunas de las características claves que han llevado a la descentralización progresiva de la toma de decisiones y a la puesta en marcha de procesos productivos más flexibles:

1. Los sistemas de producción de «justo a tiempo» («just in time») han permitido no sólo incrementar la satisfacción de los clientes reduciendo el tiempo de entrega y respondiendo rápidamente a los cambios en las preferencias, sino también reducir los costes de producción eliminando los stock de producto innecesarios.
2. La rotación de trabajadores entre diferentes puestos de trabajo en el seno del establecimiento permite a la empresa poder asignarlos de manera transitoria a las partes saturadas de la cadena de producción, facilitando así la adaptación a los cambios en la demanda. Al mismo tiempo la rotación favorece el contacto entre diferentes grupos de trabajadores mejorando la comunicación interna del establecimiento, y evitando a menudo la pérdida de motivación por parte de los trabajadores, que ya no deben repetir rutinariamente una misma tarea.
3. Otra de las claves de las empresas reorganizadas es la creación de equipos de trabajo destinados a resolver un problema particular o a analizar los nuevos retos a los que deberá hacer frente la empresa en un futuro próximo. Estos grupos de trabajo buscan aumentar la autonomía de los trabajadores.
4. La medida anterior está a menudo acompañada por una reducción en el número de niveles jerárquicos y persigue delegar la toma de ciertas decisiones en los trabajadores, allanando de este modo la estricta jerarquía interna que caracterizaba a las empresas tayloristas.
5. Otra de las principales características de las nuevas empresas reorganizadas es la promoción de la formación continua de los trabajadores y el desarrollo de habilidades complementarias. Además, los incentivos salariales se basan en la calidad y no en la cantidad.

6. Por último, los procedimientos de control de calidad son igualmente una práctica común en los establecimientos reorganizados.

3.2. *Complementariedad entre nuevas tecnologías y cambios organizativos: un modelo teórico*

La introducción de las TIC a lo largo de la última década se ha visto acompañada de cambios profundos en la organización del trabajo y en la propia filosofía de funcionamiento de las empresas (véase Tabla 2). En su artículo seminal, Lindbeck y Snower (2000) defienden que el proceso de reorganización interna de las empresas ha sido conducido por un conjunto de factores fuertemente interrelacionados:

1. La introducción de equipos informáticos y de diferentes sistemas de comunicación ha permitido a los empleados tener un mejor acceso a la información referida al funcionamiento del establecimiento y ha mejorado la comunicación entre trabajadores. Las nuevas tecnologías han facilitado la descentralización de la toma de decisiones y han favorecido que los empleados se impliquen más en las tareas desarrolladas por otros colegas. El trabajo de equipo, la rotación entre distintos puestos de trabajo o la «multitarea» (realización por parte del trabajador de diferentes tareas en el seno del mismo establecimiento), han permitido transformar los sistemas de supervisión de los establecimientos y satisfacer estas nuevas demandas aparecidas a raíz de la adopción de las TIC.
2. La introducción de nuevas maquinarias programables y flexibles ha hecho al stock de capital más versátil. Como consecuencia los trabajadores que utilizan estos equipos han debido adaptarse a un amplio abanico de tareas.
3. El crecimiento sostenido del capital humano por trabajador ha sido favorecido no sólo por el sistema educativo sino también por políticas de formación profesional específicas. Este incremento en la cualificación de los trabajadores ha fomentado un cambio en sus preferencias sesgándolas a favor del desarrollo de un trabajo que permita la puesta en práctica de sus distintas habilidades.

Por estas razones, las mejoras en las TIC han favorecido la integración de diferentes tareas, el aumento en la versatilidad del capital y el aumento en la cualificación de los trabajadores. Al mismo tiempo las nuevas tecnologías también han modificado las barreras ocupacionales y han promovido la puesta en marcha de nuevas formas de organización del trabajo. Lindbeck y Snower (2000) desarrollan un modelo teórico en el cual analizan rigurosamente la asociación entre la introducción de TIC y los cambios organizativos. Presentamos este modelo a continuación:

Cuando la empresa debe decidir si especializar a sus trabajadores (organización taylorista) o poner en práctica una organización en la que un mismo trabajador realiza distintas funciones, la empresa hace frente a un dilema entre dos tipos de rendimientos:

- Rendimientos por especialización: La productividad de un trabajador en una tarea aumenta cuanto más tiempo dedica a esa tarea.
- Rendimientos por complementariedad: Las habilidades adquiridas por el trabajador realizando una tarea le permiten incrementar su productividad en otra tarea.

Lindbeck y Snower (2000) consideran que el proceso productivo se compone de dos tareas (que denominan tareas 1 y 2) y que la empresa utiliza dos tipos de trabajadores (cada uno de los cuales tiene ventaja comparativa en una tarea). Por simplicidad, nosotros consideraremos que la empresa sólo utiliza un tipo de trabajador que realiza dos tareas. El tiempo que éste dedica a la tarea 1 es igual a τ y el dedicado a la tarea 2 es $1 - \tau$.

Los rendimientos por especialización en cada tarea vienen representados por $s_1 = s_1(\tau)$ y $s_2 = s_2(1 - \tau)$, donde $s'_1, s'_2 > 0$. Del mismo modo los rendimientos por complementariedad son iguales a $c_1 = c_1(1 - \tau)$ y $c_2 = c_2(\tau)$, donde $c'_1, c'_2 > 0$. Las «unidades eficientes de trabajo» por hora en las tareas 1 y 2 vienen dadas por:

$$e_1 = s_1(\tau) + c_1(1 - \tau) = e_1(\tau) \quad (14)$$

$$e_2 = s_2(1 - \tau) + c_2(\tau) = e_2(\tau) \quad (15)$$

Denominando n al número de trabajadores, la cantidad de trabajo eficiente dedicado a la tarea 1 es igual a $\lambda_1 = n\tau e_1(\tau) = \Lambda_1(n, \tau)$ y $\lambda_2 = n(1 - \tau)e_2(1 - \tau) = \Lambda_2(n, \tau)$ para la 2. Un aumento en la cantidad de tiempo dedicada a la tarea 1 provoca por tanto tres efectos en la cantidad de trabajo: (i) un primer efecto directo y positivo en términos de tiempo de trabajo ($n\tau$ aumenta); (ii) otro efecto positivo a través de los rendimientos por especialización ($s_1(\tau)$ se incrementa); y (iii) un efecto negativo que actúa a través de los rendimientos por complementariedad ($c_1(1 - \tau)$ disminuye).

La función de producción de la empresa es:

$$y = f(\Lambda_1(n, \tau), \Lambda_2(n, \tau)) \quad (16)$$

donde y es la producción, $f_i > 0, f_{ii} < 0$ para $i = 1, 2$ y $f_{ij} > 0$ para $i = 1, 2$ y $i \neq j$, reflejando así la presencia de complementariedad tecnológica entre las tareas 1 y 2. Denominando $w(\tau)$ al salario real percibido por los trabajadores, el beneficio de la empresa viene dado por:

$$\Pi(\tau, n) = f(\Lambda_1(n, \tau), \Lambda_2(n, \tau)) - w(\tau)n \quad (17)$$

En caso de organización taylorista de la empresa $\tau = 1$ o $\tau = 0$. La condición necesaria para que la empresa adopte una organización «multitarea» u «holística» del trabajo es que exista un τ^* perteneciente al intervalo $]0, 1[$ tal que:

$$\left. \frac{\partial \Pi}{\partial \tau} \right|_{\tau = \tau^*} = 0 \quad (18)$$

$$\left. \frac{\partial^2 \Pi}{\partial \tau^2} \right|_{\tau = \tau^*} < 0 \quad (19)$$

En términos generales podemos escribir la derivada de la ecuación (17) como:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \tau} = IMg - CMg^0 - CMg^w \quad (20)$$

El beneficio marginal se descompone, por tanto, entre el ingreso marginal (IMg) y dos clases diferentes de coste marginal (CMg^0 y CMg^w). Explicamos a continuación en detalle cada uno de los tres componentes:

- El ingreso marginal de la empresa con respecto a τ viene representado por $IMg = f_1 \frac{\partial \Lambda_1}{\partial \tau}$: un aumento en τ afecta los ingresos obtenidos por la empresa al modificar la cantidad de trabajo dedicada a la tarea 1.
- $CMg^0 = f_2 \frac{\partial \Lambda_2}{\partial \tau}$ representa el coste de oportunidad de la tarea 1 en términos de la tarea 2. Un aumento en la fracción de tiempo dedicada a la tarea 1 altera los ingresos de la empresa al modificar la cantidad de trabajo dedicada a la tarea 2.
- $CMg^w = n \frac{\partial w}{\partial \tau}$ es el coste marginal debido al cambio en los salarios provocado por la modificación en la asignación del tiempo dedicado a cada tarea.

La ecuación (19) se puede expresar también como:

$$\frac{\partial^2 \Pi}{\partial \tau^2} = \frac{\partial MR}{\partial \tau} - \frac{\partial MC^0}{\partial \tau} - \frac{\partial MC^w}{\partial \tau} \quad (21)$$

La hipótesis de complementariedad tecnológica entre tareas implica $f_{12} = f_{21} > 0$.

Los autores asumen además

$$\frac{\partial \Lambda_1}{\partial \tau} > 0, \quad \frac{\partial \Lambda_2}{\partial \tau} < 0, \quad f_1, f_2 > 0 \quad \text{y} \quad f_{11}, f_{22} < 0$$

Cualquier incremento en τ aumenta las posibilidades de obtener rendimientos por especialización en la tarea 1, pero reduce la posibilidad de estimular la productividad en la tarea 2. Cuanto más rápido decrece el rendimiento por especialización de la tarea 1 ($s_1(\tau)$) con respecto al rendimiento por complementariedad ($c_1(1 - \tau)$, productividad en la tarea 1 ganada por las habilidades adquiridas realizando la tarea 2) más rápido disminuye la cantidad efectiva de trabajo consagrada a la tarea 1 al aumentar τ . El ingreso marginal también decrecerá más rápidamente. Cuanto más rápido decrece el ingreso marginal con respecto a τ , más interesante será para la empresa adoptar una organización del trabajo holística.

Con respecto al coste marginal de oportunidad (CMg^0), cuanto mayor sea la tasa de decrecimiento del rendimiento por especialización de la tarea 2 con respecto al rendimiento por complementariedad (productividad en la tarea 2 ganada por las habilidades adquiridas realizando la tarea 1) más rápido será el crecimiento del CMg^0 respecto a τ . Ello aumenta los incentivos de la empresa a adoptar una organización holística del empleo.

El coste marginal en términos del salario (CMg^w) depende de las preferencias del trabajador con respecto a la versatilidad del trabajo. Cuanto mayor sea la preferencia relativa del trabajador hacia el trabajo versátil con respecto a la especialización, mayor será el término $\frac{\partial^2 w}{\partial \tau^2}$ y más rápidamente aumentará CMg^w con respecto a τ .

Evidentemente, esto incentiva a la empresa a adoptar una organización holística.

En términos gráficos, en el panel (i) de la Figura 1 observamos que:

- Los rendimientos por especialización aumentan rápidamente con respecto a los rendimientos por complementariedad.
- Además los trabajadores manifiestan una fuerte preferencia por el trabajo especializado, de modo que el ingreso marginal aumenta con τ , con importantes rendimientos por especialización y escasa complementariedad entre tareas.

Lindbeck y Snower (2000) defienden que los progresos tecnológicos realizados recientemente en el capital físico han incrementado la versatilidad de la maquinaria y han facilitado el desarrollo de las complementariedades entre tareas. Ante esta maquinaria más versátil, la fuerza de trabajo ha tenido que responder y formarse para poder realizar distintas funciones. Estas evoluciones han aumentado la complementariedad tecnológica entre tareas.

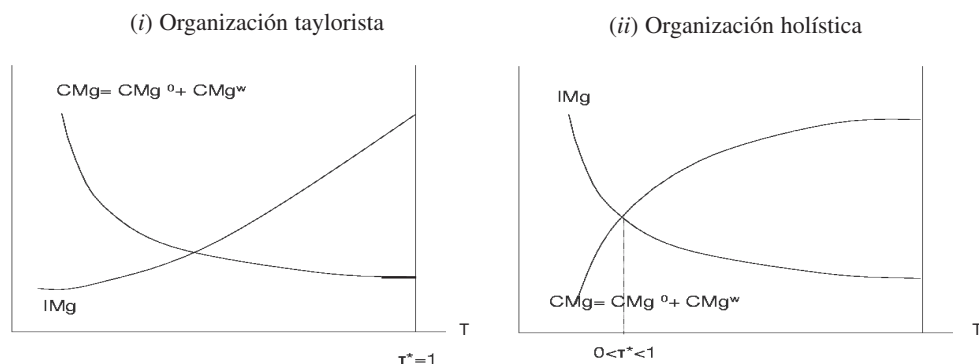
Del mismo modo, los cambios recientes en las TIC han favorecido la evolución hacia una organización holística del trabajo. La razón es sencilla, estos avances han

facilitado y abaratado el acceso a la información. Se fomenta así la complementariedad entre las informaciones adquiridas en el ejercicio de distintas tareas, favoreciendo el aprendizaje simultáneo de varias de ellas. Los rendimientos por la complementariedad entre las informaciones obtenidas en el ejercicio de distintas tareas se han visto por tanto estimulados con respecto a los rendimientos por especialización. Esto ha provocado, por un lado, un aumento en la tasa de decrecimiento del ingreso marginal con respecto de τ , y por otro, un incremento más rápido del coste marginal de oportunidad de la tarea 1 en términos de la tarea 2 con respecto a τ .

Ambas evoluciones se traducen en una disminución de $\frac{\partial^2 \Pi}{\partial \tau^2}$. Si éste llega a valores negativos, la empresa adoptará una organización holística del trabajo.

En resumen, en caso de (a) cambios en la tecnología de producción aumentando la complementariedad tecnológica entre tareas (f_{ij} , $i \neq j$) y/o (b) cambios en las tecnologías de la información que aumentan la complementariedad entre la información adquirida en distintas tareas (reduciendo $\frac{\partial^2 \Lambda_1}{\partial \tau^2}$), la empresa gana incentivos para iniciar un proceso de reestructuración hacia una organización holística del trabajo (Figura 1 panel (ii)).

FIGURA 1
ORGANIZACIÓN TAYLORISTA DEL TRABAJO VERSUS ORGANIZACIÓN HOLÍSTICA



3.3. Complementariedad entre nuevas tecnologías y cambios organizativos: evidencia empírica

Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002) muestran empíricamente la existencia de complementariedad entre nuevas tecnologías y prácticas organizativas innovadoras (POI). Los autores trabajan con una encuesta de corte transversal referida a las prác-

ticas organizativas y a las características de la mano de obra, llevada a cabo entre 1995 y 1996, que fusionan con un panel de datos sobre el periodo 1987-1994 concernientes al capital tecnológico. La base final cubre aproximadamente 400 grandes empresas de los Estados Unidos, el 55 por 100 de las cuales pertenecen al sector manufacturero, minero o de la construcción y el 45 por 100 restante al sector servicios.

Las prácticas organizativas consideradas por los autores son: la presencia de grupos de trabajo, actividades de promoción del trabajo en equipo, grupos de proyecto y la delegación de responsabilidades a niveles jerárquicos inferiores. Las variables tecnológicas incluyen el porcentaje de trabajadores que usa ordenadores y correo electrónico, el grado de informatización del trabajo en la empresa así como la presencia de capital tecnológico y el número de ordenadores en la misma.

El principal argumento de Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002) es que si las TIC y las POI son complementarias, cabe esperar que las empresas intensivas en nuevas tecnologías tengan una mayor probabilidad de reorganizar su mano de obra fomentando los equipos autónomos de trabajo y una mayor probabilidad de descentralizar la toma de decisiones que otras empresas de la misma industria. Los autores examinan el coeficiente de correlación de Spearman entre pares de variables relevantes introduciendo como variables de control la industria, el tamaño de la empresa (número de trabajadores) y la composición de su mano de obra.

TABLA 5
CORRELACIONES ENTRE TIC Y POI. DATOS PARA ESTADOS UNIDOS

	% trabajadores usando ordenador	% trabajadores usando correo electrónico	Grado de informatización del trabajo	Capital tecnológico	Total ordenadores
POI	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***
Equipos autónomos	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***
Grupos de integración	(+)***	(+)***	(+)	(+)	(+)
Grupos a proyecto	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***
Promoción del trabajo de equipo	(+)**	(+)**	(+)**	(+)	(+)
Capacidad de decisión sobre método de trabajo	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***	(+)***

FUENTE: Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002).

POI=Equipos autónomos + grupos de integración + grupos de proyecto + promoción del trabajo de equipo + capacidad de decisión sobre el método de trabajo.

Observaciones=240-372, debido a la ausencia de respuesta.

Clave: (+) correlación positiva; (-) correlación negativa; *-p < 0,1, **-p < 0,5, ***-p < 0,01. Se realiza el contraste de hipótesis tomando como hipótesis nula la ausencia de correlación.

En la Tabla 5 se examina la correlación entre las TIC y un indicador de la presencia de POI, así como la correlación entre las TIC y varias prácticas organizativas individuales. Como se puede observar todos los componentes de la variable POI están positivamente correlacionados con las nuevas tecnologías.

A partir de una base de datos francesa cubriendo aproximadamente 2.500 establecimientos de más de 20 trabajadores en 1998, Askenazy y Gianella (2004) encuentran igualmente la existencia de correlación positiva entre las variables tecnológicas y las variables organizativas. La información contenida en esta base de datos es menos detallada que la de Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002) y como consecuencia los resultados son menos contundentes (véase Tabla 6). Las variables tecnológicas utilizadas en este último estudio son:

- **ORDENADOR:** Variable igual a la unidad cuando más del 50% de los trabajadores usa ordenador.
- **RED, INTERNET:** Variables binarias adoptando el valor unitario cuando más del 20% de los trabajadores utiliza un sistema de red o de internet.

TABLA 6
CORRELACIONES ENTRE TIC Y POI. DATOS PARA FRANCIA

	ORDENADOR	RED	INTERNET
AUTÓNOMO	ns	ns	ns
PROYECTO	(+)***	(+)***	(+)***
JERARQUÍA	ns	(+)***	ns

FUENTE: Encuesta REPOSE.

Clave: (+) correlación positiva; (-) correlación negativa; *-p < 0,1, **-p < 0,5, ***-p < 0,01.

En cuanto a las variables organizativas, las prácticas consideradas son las siguientes:

- **AUTÓNOMO y PROYECTO:** Variables binarias iguales a la unidad cuando más del 20% de los trabajadores participa en equipos de trabajo autónomos o de proyecto, respectivamente.
- **JERARQUÍA:** Variable que expresa si la empresa ha llevado a cabo un proceso de descentralización de la toma de decisiones y ha reducido los niveles jerárquicos.

4. Difusión tecnológica, productividad y cambio organizativo

Milgrom, Qian y Roberts (1991) y Milgrom y Roberts (1995) presentan un modelo global de la empresa. Las decisiones relativas a la organización del trabajo, a la gestión del personal, a la subcontratación y a la elección de una tecnología, son complementarias. Matemáticamente esta propiedad se denomina «supermodularidad»: la eficacia marginal de un factor (las TIC en nuestro caso) se incrementa con el nivel del otro factor (la difusión de POI). Ello implica que una simple reducción en el precio del equipo tecnológico puede conllevar una reorganización completa del trabajo. El análisis de Milgrom y Roberts (1995) muestra que un sistema de producción eficaz es un todo, un conjunto de elementos complementarios.

La idea de complementariedad ha sido contrastada empíricamente por diferentes autores. Askenazy y Gianella (2000) retoman la base de datos presentada por Osterman (1994). Se trata de una encuesta realizada en Estados Unidos en 1992 en la que los dirigentes de más de 800 establecimientos manufactureros con más de 50 empleados fueron interrogados sobre la organización interna y del trabajo en sus respectivos establecimientos. Combinando estos datos con los de las bases realizadas por el *Bureau of Labor Statistics* sobre los accidentes de trabajo y bajas por enfermedad, Askenazy y Gianella (2000) desarrollan un análisis econométrico sobre las consecuencias del cambio organizativo sobre la productividad de los factores poniéndolos a su vez en relación con la adopción de TIC. Concluyen que la utilización de nuevas tecnologías, en particular de la informática, no es completamente eficaz hasta que la organización del trabajo se adapta a estas tecnologías, por lo que informatización y organización flexible deben ser complementarias. El factor determinante de una mejora en la productividad no es por tanto la reorganización interna del trabajo por sí misma (este resultado es compatible con Capelli y Neumark, 2001), ni simplemente un mayor nivel de informatización, sino una combinación de los dos.

Como se puede observar en las estimaciones de la Tabla 7, el término cruzado entre reorganización del trabajo e inversión en equipos informáticos tiene un fuerte impacto sobre la productividad global de los factores. La informatización, sin un cambio organizativo, tiene un efecto significativamente negativo sobre la productividad. El efecto de las prácticas organizativas innovadoras (sin combinarlas con la adopción de TIC) es negativo y escasamente significativo. Askenazy y Gianella (2000) muestran que estos resultados son robustos a la corrección del sesgo de estimación.

La idea de Milgrom y Roberts (1995) de que los incrementos en el producto asociados con la inversión en un factor complementario son más importantes en presencia de otro factor complementario, se confirma empíricamente en el trabajo de Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002). Los autores construyen un modelo sencillo, coherente con la función de producción Cobb-Douglas, a la cual añaden un conjunto de interacciones:

$$\begin{aligned} \log(\text{producto}) = & \alpha \log(\text{trabajo}) + \beta \log K + \delta_{aa} D_{\text{altas TIC-altas POI}} \\ & + \delta_{ab} D_{\text{altas TIC-bajas POI}} + \delta_{ba} D_{\text{bajas TIC-altas POI}} \\ & + \delta_{bb} D_{\text{bajas TIC-bajas POI}} + \epsilon \end{aligned} \quad (22)$$

TABLA 7
EFFECTOS DE LA REORGANIZACIÓN DEL TRABAJO SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD. DATOS PARA ESTADOS UNIDOS

	Variable explicada: Tasa de crecimiento de la PTF entre 1982 y 1992						
	Mínimos cuadrados ordinarios						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Reorganización	0,40 (0,25)	-	0,44 (0,26)	0,21 (0,24)	-0,80 (0,34)	-0,81 (0,35)	-0,75 (0,33)
Grado de informatización en 1992	-	0,025 (0,04)	0,02 (0,04)	0,08 (0,05)	-0,27 (0,07)	-	-
Reorganización* grad. informat en 1992	-	-	-	-	0,44 (0,08)	0,15 (0,05)	0,19 (0,06)
(1-Reorganizac.* grad. informat. en 1992)	-	-	-	-	-	-0,25 (0,07)	0,13 (0,07)
Otras variables de control	-	-	-	SÍ	-	-	SÍ
Observaciones	229 0,32	207 0,34	207 0,35	207 0,51	207 0,44	207 0,45	207 0,54

FUENTE: ASKENAZY y GIANELLA (2000).

Las desviaciones típicas están entre paréntesis. Las estimaciones son ponderadas por el tamaño de la industria. El grado de informatización en 1992 es instrumentado a través de su nivel en 1982.

Las variables de control incluyen indicadores del sector económico, la proporción de trabajadores calificados en 1982, el salario per cápita en 1982, el valor añadido per cápita en 1982, los activos materiales por unidad de valor añadido en 1982, los activos brutos en terrenos y edificaciones por unidad de valor añadido en 1982 y el nivel de apertura en 1982.

donde la variable K es el capital. Las D son variables binarias que expresan en cuál de los cuatro cuadrantes considerados por los autores se sitúa cada establecimiento. Dichos cuadrantes tienen la finalidad de estudiar cómo las distintas combinaciones de nuevas tecnologías y formas de organización innovadoras del trabajo afectan al nivel de producto, y se definen por los criterios siguientes:

- Alto nivel de TIC - Alto nivel de POI.
- Alto TIC - Bajo POI.
- Bajo TIC - Alto POI.
- Bajo TIC - Bajo POI.

Como se observa en la Tabla 8, los establecimientos situados fuera de la diagonal principal (es decir, los establecimientos que se encuentran en los cuadrantes alto-bajo y bajo-alto) no son realmente menos productivos que los establecimientos que

tienen bajo TIC-bajo POI. Trasladándonos desde los niveles de bajo uso de TIC a alto uso de TIC podemos observar que hay un mayor aumento en la productividad para los establecimientos que disponen ya de una alta presencia de POI que para los establecimientos dónde la presencia de estas prácticas organizativas es escasa. Del mismo modo, las POI tienen un mayor efecto positivo en la productividad en presencia de nuevas tecnologías.

TABLA 8
PRODUCTIVIDAD COMBINANDO Y SIN COMBINAR TIC Y POI.
DATOS PARA ESTADOS UNIDOS

POI	TIC	Bajas	Altas
Altas		0,00356 (0,0179) N=448	0,0664 (0,0197) N=664
Bajas		0 (N/A) N=671	0,00153 (0,0199) N=442

FUENTE: Bresnahan, Brynjolfsson y Hitt (2002).

Las desviaciones típicas están entre paréntesis.

El test chi-cuadrado de Pearson para asociación: $\chi^2 = 89,0$ ($p < 0,001$).

En resumen, podemos afirmar que la hipótesis sugerida en los trabajos de Milgrom, Qian y Roberts (1991) y Milgrom y Roberts (1995) de que el sistema de producción es un todo compuesto por un conjunto de factores complementarios, parece ratificarse empíricamente. El beneficio potencial de las nuevas tecnologías sobre la productividad de las empresas sólo puede ser efectivo si está acompañado por un proceso de adaptación de la organización interna del trabajo, y viceversa, los cambios en las prácticas organizativas deben verse acompañados de nuevas tecnologías para que exista un efecto positivo sobre la productividad.

5. Conclusión

El impacto de las TIC en el crecimiento económico se ha hecho esperar más de 25 años. A lo largo de estas décadas han ido apareciendo en la literatura económica diversas teorías que han tratado de explicar este impacto tardío del progreso tecnológico en la productividad. Las teorías schumpeterianas defendían que la adopción de nueva maquinaria podía resultar muy costosa para la empresa por lo que ésta esperaba hasta estar segura que los beneficios de la adopción compensaban los costes. Otros autores como Boucekkine (2000) o Greenwood y Jovanovic (2000) han

insistido más sobre los costes de aprendizaje y el tiempo de difusión tecnológica como factores responsables del retraso. Finalmente en Boucekkine del Rio y Licandro (2003) se señala la importancia de los costes de obsolescencia provocados por la introducción de las TIC como responsables del aumento en el coste de uso del capital que ha ralentizado el crecimiento.

Sin embargo, en los últimos cinco años la teoría que comienza a cobrar más fuerza a la luz de la evidencia empírica es la defendida inicialmente por Milgron, Qian y Roberts (1991) y Milgron y Roberts (1995). Estos autores consideran que el proceso productivo es un todo que se compone de factores complementarios (trabajo, tecnología, gestión y organización interna, etc.) que deben combinarse en las justas proporciones para que haya un impacto positivo sobre la productividad y resultados de la empresa. De este modo, la adopción de nuevas tecnologías que se produjo a lo largo de los años 90 sólo ha comenzado a dar sus frutos en el momento en el que se ha mejorado la cualificación de los trabajadores y se han introducido cambios en la organización y gestión interna de las empresas. Esto justificaría el fuerte crecimiento económico observado entre los años 2000 y 2002 pese a que las inversiones en TIC durante ese periodo se habían reducido drásticamente.

Referencias bibliográficas

- [1] ASKENAZY, P. y GIANELLA, C. (2000): «Le Paradoxe de Productivité: les Changements Organisationnels, facteur complémentaire à l'informatisation», *Economie et Statistique*, 9/10 (339-340): 219-242.
- [2] ASKENAZY, P. y MORENO-GALBIS, E. (2004): «The impact of technological and organizational changes on labor flows. Evidence on French establishments», *DELTA Discussion Paper*, n.º 25.
- [3] BERMAN, E.; Bound, J. y Griliches, Z. (1994): «Changes in the demand for skilled labor within U.S. manufacturing: evidence from the Annual Survey of Manufacturers», *Quarterly Journal of Economics* 109:367-397.
- [4] BLANCHARD, O. (1997): «The Medium Run», *Brookings Papers on Economic Activity* 2:89-141.
- [5] BOUCEKKINE, R. (2000): «Progrès Technique Incorporé et l'Enigme du Ralentissement de la Croissance», *Analyses Economiques et Prévisions*.
- [6] BOUCEKKINE, R.; DEL RIO, F. y LICANDRO, O. (2003): «Embodied Technological Progress, Learning and the Productivity Slowdown», *Scandinavian Journal of Economics*, 105:87-98.
- [7] BOUCEKKINE, R.; GERMAIN, M. y LICANDRO, O. (1997): «Replacement Echoes in the Vinatage Capital Growth Model», *Journal of Economic Theory*, 74 (2): 333-348.
- [8] BRESNAHAN, T. F.; BRYNJOLFSSON, E. y HITT, L.M. (2002): «Information Technology, Workplace organization, and the Demand for skilled Labor: Firm-Level Evidence», *The Quarterly Journal of Economics*, 117 (1): 339-376.
- [9] CAPELLI, P. y NEUMARK, D. (2001): «Do "High Performance" Work Practices Improve Establishment-Level Outcomes?», *Industrial and Labor Relations Review*, pp. 737-775.

- [10] CAROLI, E. y VAN REENEN, J. (2001): «Skilled Biased Technological Change? Evidence from a Panel of British and French Establishments», *Quarterly Journal of Economics*, 116 (4): 1449-1492.
- [11] DAVID, P. y WRIGHT, G. (2003): *General Purpose Technologies and Productivity Surges: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution*, P. A. David y M. Thomas. Oxford University Press for the British Academy.
- [12] GORDON, R. (2000): «Does the “New Economy” Measure up to the Great Inventions of the Past?», *NBER Working Paper*, no. 7833, 2004, «Five Puzzles in the Behavior of Productivity, Investment and Innovation».
- [13] GREENWOOD, J.; HERCOWITZ, Z. y KRUSSEL, P. (1997): «Long-Run Implications of Investment-Specific Technological Change», *American Economic Review*, 87 (3): 342-362.
- [14] GREENWOOD, J. y YORUKOGLU, M. (1997): «1974», *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 46: 49-95.
- [15] GREENWOOD, J. y JOVANOVIĆ, B. (2000): «Accounting for Growth», *Rochester Center for Economic Research Working Papers*, n.º 475.
- [16] JORGENSEN, D. (2001): «Information Technology in the U.S. Economy», *The American Economic Review*, 91: 1-32.
- [17] JORGENSEN, D. y STIROH, K. (2000): «Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age», *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 125-211.
- [18] JOVANOVIĆ, B. y LACH, S. (1997): «Product Innovation and the Business Cycle», *International Economic Review*, 38 (1): 3-22.
- [19] KRUSELL, P. (1998): «Investment-Specific R&D and the Decline in the Relative Price of Capital», *Journal of Economic Growth*, 3 (2): 131-141.
- [20] KRUSELL, P.; OHANIAN, L. E.; RIOS-RULL, J. V. y VIOLANTE, G. L. (2000): «Capital skill complementarity and inequality: A macroeconomic analysis», *Econometrica*, 68 (5): 1029-53.
- [21] LINDBECK, A. y SNOWER, D. (2000): «Multitask Learning and the Reorganization of Work: From Tayloristic to Holistic Organization», *Journal of Labor Economics*, 18 (3): 353-376.
- [22] MACHIN, S.; RYAN, A. y VAN REENEN, J. (1998): «Technology and changes in skill structure: Evidence from seven OECD countries», *Quarterly Journal of Economics*, 113:1215-44.
- [23] MADDISON, A. (1991): *Dynamic Forces in Capitalist Development*. Nueva York: Oxford University Press.
- [23] MILGROM, P.; QIAN, Y. y ROBERTS, J. (1991): «Complementarities, Momentum, and the evolution of Modern Manufacturing», *American Economic Review*, 81 (2): 84-88.
- [24] MILGROM, P. y ROBERTS, J. (1995): «Complementarities and Fit Strategy, Structure and Organizational Change in Manufacturing», *Journal of Accounting and Economics*, 19 (1): 179-208.
- [25] OLINER, S. y SICHEL, D. (2000): «The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?», *Journal of Economic Perspectives*, 14: 3-22.
- [26] OSTERMAN, P. (1994): «How Common is Workplace Transformation and Who Adopts it?», *Industrial and Labor Relations Review*, 47 (2): 173-188.
- [27] PARENTE, S. (1994): «Technology Adoption, Learning-by-Doing», *Journal of Economic Theory*, 63 (2): 346-369.

- [28] PHELPS, E. (1962): «The New View of Investment. A Neoclassical Analysis», *Quarterly Journal of Economics*, 74 (4): 548-567.
- [29] SOLOW, R. (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function», *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3): 312-320 (August), 1960, pages 89-104 in *Investment and technological Progress*, Volume Mathematical Methods in the Social Sciences 1959, Kennet Arrow, Samuel Karlin y Patrick Suppes, eds. CA: Stanford University Press.
- [30] YANG, S. y Brynjolfsson, E. (2001): «Intangible Assets and Growth Accounting: Evidence from Computer Investments», *MIT working paper*.