

***FACTORES DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN LAS TIC EN
LA EMPRESA***

Ana Gargallo Castel

Marisa Ramírez Alesón

Dpto. Economía y Dirección de Empresas

Universidad de Zaragoza

ÁREA TEMÁTICA: Procesos de innovación empresarial

DIRECCIONES DE CONTACTO:

Ana Gargallo Castel

Profesora Asociada de Organización de Empresas
Departamento de Economía y Dirección de Empresas
Universidad de Zaragoza
Facultad de Humanidades y CC. Sociales de Teruel
Ciudad Escolar, s/n
44003-TERUEL
Tfno: 976 76 10 00 ext. 863075
Fax: 976 76 17 67
e-mail: gargallo@unizar.es

Marisa Ramírez Alesón

Profesora T.U. de Organización de Empresas
Departamento de Economía y Dirección de Empresas
Universidad de Zaragoza
Facultad de CC. EE. y EE.
Gran Vía 2
50005-ZARAGOZA
Tfno: 976 76 2716
Fax: 976 76 17 67
e-mail: mramirez@unizar.es

FACTORES DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN LAS TIC EN LA EMPRESA

Resumen

Este trabajo estudia algunos factores determinantes de la adopción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), incluyendo tanto aspectos relacionados con los recursos humanos como con las tecnologías existentes en la empresa.

Para ello, se parte de la información recogida en la Encuesta de Estrategias Empresas para el año 1998, obteniendo una muestra de 1685 empresas. A partir de un probit condicionado, se obtiene que la mayor cualificación de los trabajadores y la posesión de otras tecnologías relacionadas tienen un impacto positivo tanto en la adopción de las TIC como en el volumen de su inversión.

Palabras Clave: Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), cualificación, empresa, España

FACTORES DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN LAS TIC EN LA EMPRESA ¹

INTRODUCCIÓN

La inversión en capital físico juega un importante papel en el crecimiento económico, expandiendo y renovando el stock de capital y permitiendo la introducción de nuevas tecnologías en el proceso de producción (OCDE, 2001b). Durante los últimos años, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han alcanzado una gran importancia como elemento facilitador de la denominada economía del conocimiento (*knowledge-based economy*²) y han generando un importante impacto sobre el crecimiento macroeconómico de los países (OCDE, 2001a). Los volúmenes de inversión realizados por las empresas en las mismas están creciendo de forma considerable pasando de menos de un 15% de la inversión total no residencial a principios de los años 80, a entre el 15% y el 35% en 1999 (OCDE, 2001b) y situándose la cuota de inversión para 1999 en el conjunto de la Unión Europea (UE) en un 6,2% del P.I.B. y en España en el 4,0%, según el Informe de la Comisión de la UE (2002). Estas inversiones están provocando importantes cambios en muchos de los procesos empresariales, tanto internos (organizativos, diseños de puestos de trabajo, cambios en las habilidades requeridas a los trabajadores, etc.), como externos (relación con proveedores, con clientes, comercio electrónico, etc.).

Ante la magnitud de este fenómeno se ha generado una creciente literatura tanto teórica como empírica que trata de explicar las implicaciones empresariales y sociales del uso de las TIC³. La mayoría de los trabajos reflejan la importancia de las inversiones en TIC y las repercusiones de las mismas en los resultados económicos, sin embargo, como indican Brynjolfsson y Hitt (1998), son escasos los trabajos que aportan

¹ El presente trabajo es parte de los resultados obtenidos bajo el marco del proyecto de investigación SEC2002-00835 financiado por el MCYT-FEDER.

² Tiene que ver con la creación, distribución y uso del conocimiento y se calcula como la suma de los gastos en I+D, en educación superior y en software (OCDE, 2001b).

³ Recientemente se ha publicado el monográfico: "Las Estadísticas de la Sociedad del Conocimiento" en el nº 343 de la revista de Economía Industrial del 2002 (188 páginas).

evidencias sobre las pautas de comportamiento de las empresas en relación con la adopción de estas tecnologías.

Aunque la relación entre innovación tecnológica y recursos humanos ha sido objeto de estudio tanto en el ámbito de empresas como en la sociología (Lope, 1996), son escasos los trabajos que se centran en el impacto de la cualificación de los trabajadores sobre la implantación de las nuevas tecnologías de la información. Sin embargo, en los existentes se relaciona teórica y empíricamente la difusión de las TIC con unas mayores habilidades de los trabajadores. Así, Berman *et al.* (1994) observan un aumento en las habilidades requeridas, en los años ochenta, en el sector manufacturero, atribuido en parte a la introducción de las TIC. Además, Caroli y Van Reenen (1998), basándose en la misma década, recogen cómo la proporción de trabajadores cualificados aumenta por el uso de ordenadores en la empresa.

Otro aspecto que facilitaría la adopción de nuevas tecnologías de la información es la posesión de otras tecnologías relacionadas en la empresa, las cuales permitiría la acumulación de experiencias y conocimientos útiles para la implantación de otras nuevas (Neo, 1988).

En esta línea, el objetivo de este trabajo es ofrecer una evidencia empírica para el caso español, sobre la relación entre el proceso de adopción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y las características de la empresa que las adopta, centrandó la atención en dos variables, por un lado el nivel de cualificación de los trabajadores de la misma y por otro la existencia de tecnologías relacionadas en la empresa.

El análisis se desarrolla en dos etapas. Se analiza en primer lugar la importancia de la cualificación de los recursos humanos y las tecnologías relacionadas como factores determinantes de la adopción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y, en segundo lugar, se determina su impacto en la cuantía de la inversión realizada por aquellas empresas que deciden llevar a cabo la adopción.

ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DE LAS HIPÓTESIS

Dentro de la literatura sobre nuevas tecnologías destacan dos grandes bloques de estudio. Por un lado se habla de las condiciones para la introducción de las nuevas

tecnologías, y por otro de las consecuencias de la introducción de las mismas. La mayoría de la literatura existente se ha centrado en este segundo bloque (Bresnahan *et al.*, 2002) dentro del cual se han desarrollado diversos análisis en relación con lo que ha pasado a denominarse como el sesgo del cambio tecnológico hacia los trabajadores más cualificados (*skill-biased technical change, SBTC*); es decir cómo la introducción de nuevas tecnologías origina un incremento relativo en la demanda de trabajadores cualificados al requerir de estos para su correcto uso. Dentro de este grupo de trabajos destacan los de autores como Berndt *et al.* (1992), Katz y Murphy (1992), Bell (1996), Acemoglu (1998), Autor *et al.* (1998), Berman *et al.* (1998), Goldin y Katz, (1998), Sanders y Ter Weel, (2000), Card y Lemieux (2001), Caroli y Van Reenen (2001). Se incluyen también aquellos que analizan los efectos de los cambios en la tecnología en la demanda de trabajadores cualificados a través del cambio en los salarios relativos, obteniendo evidencia empírica del aumento de los salarios de los trabajadores cualificados frente a los no cualificados (Aghion *et al.*, 1999; Haskel y Slaughter, 1998; Katz, 1999; Galor y Moav, 2000; Hoskins, 2000; Torres, 2001; Borghans y Well, 2002; Görg y Strobl, 2002).

La idea más generalizada es que la introducción de las TIC está relacionada con una disminución en el número de trabajadores no cualificados, a la vez que requiere un mayor número de trabajadores con habilidades y conocimientos complementarios con las TIC (Arnal *et al.*, 2001; Francalanci y Galal, 1998; Bresnahan *et al.*, 2002; Salas, 2001). En particular, se genera un aumento de los puestos de trabajo relacionados con la gestión (directivos), administración, mantenimiento de las nuevas tecnologías y con la gestión de la información (Osterman, 1986 y Turner, 2001). Otros trabajos obtienen conclusiones similares presentando fuertes correlaciones entre el uso de TIC y el incremento de la cualificación de los trabajadores (Arnal *et al.*, 2001; Bernan *et al.*, 1994).

El marco teórico para analizar estas relaciones es la teoría de las complementariedades (Milgrom y Roberts, 1990a, 1990b, 1991, 1995; Athey y Stern, 1997; Salas, 1999; Porter y Siggelkow, 2001). Desde esta perspectiva se postula que dos actividades o recursos son complementarios si con su uso conjunto se consigue mejorar la productividad marginal de cada uno de ellos, de forma que el aumento en el valor que tome uno de los elementos favorece que se aumente el valor del segundo para

aprovechar el efecto conjunto y, por tanto, el resultado de la empresa también se incrementan. De acuerdo con esta perspectiva y con la teoría de la cualificación puede decirse que los recursos humanos cualificados y las TIC son recursos complementarios de manera que las empresas que posean uno de estos recursos serán más propensas a utilizar de forma conjunta el otro recurso para aprovechar las complementariedades existentes.

Siguiendo a Berndt *et al.* (1992) y Falk y Seim (2001) se considera que las TIC y el capital humano cualificado son recursos complementarios, por lo que es de esperar que las empresas con un mayor nivel de TIC sustituirán a empleados con escasa cualificación y formación, que realizan tareas rutinarias, por trabajadores con altas capacidades y habilidades que les permitan tomar decisiones analizando múltiples fuentes de información y diversas alternativas (Powell y Dent-Micallef, 1997; Huerta y Larraza, 2001; Bresnahan *et al.*, 2002).

Sin embargo, si bien la mayoría de la literatura existente se centra en este incremento de la demanda de trabajadores cualificados como consecuencia de la introducción de las TIC, en este trabajo se aborda el problema desde una perspectiva distinta. Siguiendo a Bresnahan *et al.* (2002), se reconoce que no sólo la introducción de las TIC puede generar incrementos en la demanda de cualificaciones, sino que también las empresas con trabajadores cualificados percibirán estas tecnologías como más atractivas y serán más propensas a demandarlas.

Además, argumentan que a largo plazo las reducciones en el precio de las TIC ocasionarán incrementos en la demanda del resto de recursos complementarios pero que, en el corto plazo, sólo algunas empresas poseerán los recursos complementarios adecuados para invertir exitosamente en TIC. Estas diferencias en las dotaciones de recursos humanos y otros recursos complementarios como conocimientos técnicos relacionados explicarían las diferencias en el proceso de adopción y de adquisición de las TIC.

Todo lo anterior permite plantear varias hipótesis, en primer lugar, respecto a la introducción de las TIC cabe destacar el importante papel de la existencia en la empresa de trabajadores cualificados puesto que, como recoge Connor *et al.* (2001) uno de los principales efectos de las deficiencias en las habilidades de los trabajadores según la

ICT Skills Survey (e-skills NTO, 2001) es la dificultad en la introducción de cambios tecnológicos. En concreto, un tercio de las organizaciones con debilidades en habilidades de sus trabajadores y dos quintas partes de aquellas con dificultades para cubrir puestos cualificados consideran que sus deficiencias en habilidades les han impedido introducir cambios tecnológicos.

En esta línea Bartel y Lichtenberg (1987) plantean que las cualificaciones pueden ser muy importantes para adoptar el cambio en general y la adopción de nuevas tecnologías en particular. Del mismo modo, Bharadwaj (2000) defiende que la existencia de unos recursos humanos complementarios a las TIC permite a la empresa integrar más eficazmente las TIC en el proceso de planificación de negocio.

Hipótesis 1: La mayor cualificación de los trabajadores de la empresa tiene un impacto positivo en la adopción de las TIC.

De acuerdo con Bresnahan y Greenstein (1997), las empresas que requieran de grandes cambios adoptarán las TIC de forma más lenta. Por tanto, dada la premisa de que será necesaria una mayor cualificación para conseguir un adecuado aprovechamiento de las TIC, cabrá esperar que aquellas empresas que posean un adecuado nivel de trabajadores cualificados las adoptarán en mayor medida. Esto nos lleva a definir la siguiente hipótesis:

Hipótesis 2: La mayor cualificación de los trabajadores de la empresa tiene un impacto positivo en la cuantía de las inversiones en TIC.

Continuando con la argumentación teórica de los recursos complementarios que permiten que las empresas estén en condiciones adecuadas para invertir exitosamente en TIC, también se considera que la existencia de tecnologías análogas en la empresa facilitará la adopción de estas nuevas tecnologías de la información. La empresa que haya trabajado anteriormente con algún tipo de tecnología relacionada podría generar conocimientos que estarían disponibles para ser utilizados también en estas nuevas tecnologías y que les permitirían reducir los costes de cambio y los costes de adaptación iniciales.

A ese respecto Neo (1988) reconoce que la existencia de sistemas o tecnologías relacionadas y, por tanto, la acumulación de experiencia respecto a las mismas resulta

ser un factor que facilita la introducción exitosa de las nuevas tecnologías⁴. Así un estudio llevado a cabo en varios países europeos y en EE.UU. para el caso concreto de la introducción de internet, refleja que la obtención de mejoras en costes y en ingresos depende entre otros factores, del número de herramientas que ha adoptado la empresa y del papel que juegan las TIC en la estrategia de la empresa (Varian *et al.*, 2002). García y Huerta (1999) en un estudio sobre esfuerzo tecnológico en la empresa española concluyen que la incorporación de esta viene impulsada por la utilización de un conjunto de herramientas operativas en el desarrollo del sistema productivo (pp. 45). Por tanto, la hipótesis que se plantea es que la decisión sobre la adopción de las TIC en la empresa se verá influida positivamente por la disponibilidad de tecnologías de producción relacionadas con las TIC.

Hipótesis 3: La posesión de otras tecnologías aplicadas al proceso productivo tendrá un impacto positivo en la adopción de las TIC.

Pero no sólo resultarán importantes en el momento de la adopción, sino también en las decisiones sobre la cantidad a invertir. La diferencia en el stock de IT entre empresas del mismo sector puede deberse a las diferencias en la capacidad potencial de ajuste frente a las TIC (Kim, 2001), eso explicaría que tanto las empresas con una plantilla más formada como aquellas con unas tecnologías que le permitan aprovechar parte de los conocimientos existentes adopten en mayor medida las TIC. A este respecto Matías Pereda (2000) en un estudio de las pequeñas empresas de Salamanca obtiene que el conocimiento tecnológico es uno de los factores a tener en cuenta a la hora de analizar la introducción de las TIC. En concreto la hipótesis que se define es la siguiente:

Hipótesis 4: La posesión de otras tecnologías aplicadas al proceso productivo tendrá un impacto positivo en la cuantía a invertir en las TIC.

MUESTRA Y DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Para la elaboración de la muestra objeto de estudio, se parte de la información procedente de la Encuesta de Estrategias Empresariales (ESEE) de la Fundación

⁴ En su caso Neo hablaba de factores facilitadores de la aplicación de un sistema de soporte a la decisión.

Empresa Pública (FEP). El motivo que ha llevado a seleccionar esta fuente es que, como indican Fariñas y Jaumandreu (1999), esta encuesta recoge una muestra representativa de las empresas manufactureras en España.

El número total de empresas en la ESEE para el año 1998 es de 1742, de las cuales se seleccionaron todas las empresas para las que la base aportaba la información necesaria para llevar a cabo el objetivo de estudio, obteniendo una muestra final de 1685 empresas.

A partir de la información recogida, se construyen las variables que se presentan a continuación.

Los datos sobre la inversión realizada por las empresas en equipos informáticos o en equipos para procesar información permiten definir las siguientes variables dependientes. Por una parte, una variable dicotómica que refleje si la empresa invierte o no en las TIC⁵ durante 1998 (año objeto de estudio). A esta variable se le denomina **Adopción_{TIC}**. Si la inversión realizada durante ese año es diferente de cero, esta variable tomará el valor de 1 y, en caso contrario, el valor de cero.

Por otra parte, se construye una variable que recoge la cuantía de la inversión realizada en TIC (en miles de pesetas), medida a través de su logaritmo. A esta variable se le identifica como **Inversión_{TIC}**.

En cuanto a las variables independientes, la primera de ellas hace referencia al nivel de cualificación de los trabajadores⁶. Como se recoge en OCDE (2001b), esta variable presenta dificultades para su medición, por lo que se requiere utilizar aproximaciones (o proxis) para capturar sus características. Así, Falk y Seim (2001) y Bresnahan, *et al.* (2002), realizan una aproximación a través del nivel educativo que poseen los trabajadores. Se considera que un mayor nivel de educación implica una mayor habilidad para “*aprender usando*”⁷ las nuevas tecnologías. Siguiendo esta línea

⁵ En este trabajo se considera TIC como aquellos equipos para procesar información, mientras que aquellas tecnologías aplicadas específicamente al proceso productivo como robótica, CAD, CIM, y maquinaria de control numérico se consideran tecnologías diferentes, si bien cercanas a las TIC.

⁶ Si bien la complementariedad no permite detectar las relaciones de causalidad, se considera que a corto plazo es más fácil ajustar las inversiones en TIC, que hacer cambios en la cualificación de los trabajadores. Por ello, se supone que la variable sobre grado de cualificación es exógena en el modelo, lo que permite, además, identificar el efecto de esta variable sobre la implantación de las TIC.

⁷ Se recoge con el término “*learning by using*” (Benhabib y Spiegel, 1994; Alvarez Albelo, 1999).

argumental, el recurso genérico “trabajo” se descompone en las tres variables siguientes que reflejan diferentes niveles educativos:

- “**Licenciados e ingenieros superiores**” (**Licenciados**), que recoge aquellos trabajadores más cualificados o con mayor nivel educativo, se define como el porcentaje de trabajadores licenciados e ingenieros superiores sobre el total de trabajadores que posee la empresa.
- “**Técnicos, peritos, y ayudantes titulados**” (**Técnicos**), que son aquellos trabajadores que aunque tienen cierta cualificación o formación es menor que la correspondiente al caso anterior. Se define como el porcentaje de trabajadores técnicos, peritos y ayudantes titulados que posee la empresa sobre el total de trabajadores.
- “**No titulados**” (**No Titulados**) que incluye aquellos trabajadores que carecen de una formación académica previa. Se define como el porcentaje de trabajadores no titulados que posee la empresa sobre el total de trabajadores.

Para la construcción de la variable de “**Otras Tecnologías relacionadas**” (**Otras Tecnologías**) se ha utilizado una variable dicotómica que refleja un mayor uso de otras tecnologías aplicadas a la producción, relacionadas con las TIC, como maquinaria de control numérico, robótica, CAD, o sistemas flexibles. Es decir, se construye una variable que toma el valor 1 si las empresas disponen de al menos una de las tecnologías anteriores y cero en el caso contrario.

Además, se incorporan una serie de variables de control que son habituales en la literatura. Por un lado se trata de controlar el efecto del tamaño empresarial, puesto que diversos estudios ofrecen evidencia sobre la relación entre las TIC y el tamaño de la empresa (Brynjolfsson *et al.*, 1994; Pinsonneault y Kraemer, 1997). Para ello, se introduce la variable **Tamaño** que se mide mediante el logaritmo del valor añadido en miles de pesetas.

Por otro, dado que la intensidad tecnológica difiere según el sector, tal y como se refleja en los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 1999), se introduce una variable dummy que recoge la pertenencia de la empresa a un sector de alta o media-alta tecnología de forma que toma el valor 1 si la empresa pertenece a dicho grupo de sectores y cero en caso contrario. Para construir esta variable se ha utilizado la

información ofrecida por el INE, que se recoge en el Anexo, que permite agrupar los distintos sectores de actividad según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE) en sectores de Alta Tecnología⁸. Aquellos sectores no incluidos en esta agrupación se consideran sectores de Baja Tecnología.

En la Tabla 1, se presentan los principales estadísticos de las variables planteadas para la muestra total (excepto las de sector) y diferenciando entre aquellas empresas que invierten en TIC de las que no lo hacen.

Tabla 1.- Principales estadísticos de la muestra

	Todas las empresas		Empresas con Inversión en TIC		Empresas sin Inversión en TIC	
	Media	DT	Media	DT	Media	DT
Licenciados	4.70	7.26	5.79	7.82	2.92	5.82
Técnicos	5.66	8.37	6.58	7.99	4.15	8.76
No Titulados	89.65	12.63	87.64	12.93	92.93	11.41
Inversión _{TIC}	8.04	2.02	8.04	2.02	-	-
Nº total trabajadores	238.82	716.41	311.87	763.54	119.55	614.11
Tamaño	12.78	1.91	13.44	1.77	11.7197	1.63
Otras Tecnologías	0.65	0.48	0.76	0.43	0.46	0.50
Nº Empresas	1685		1045		640	

DT: Desviación típica.

Fuente: Elaboración propia.

De las 1685 empresas, un 62.02% de las mismas (1045 empresas) han realizado inversiones en TIC durante 1998, lo que permitirá obtener información relevante sobre la importancia de los distintos determinantes de la decisión de invertir o no invertir en nuevas tecnologías de la información.

Respecto al tamaño de las empresas de uno y otro grupo, medido tanto en función del número de trabajadores como en función del valor añadido, se observa que, en media, éste es mayor para las empresas que realizan inversiones en tecnologías de la información.

Con respecto a las otras tecnologías aplicadas al proceso productivo, parecen estar relacionadas de forma positiva con la inversión en TIC, ya que el porcentaje de

⁸ La OCDE ofrece agrupaciones similares para el conjunto de países de la OCDE con la clasificación ISIC (OCDE, 2001b).

empresas que las poseen es superior dentro del grupo de empresas que invierten en TIC (45.3% frente al 23.4%).

METODOLOGÍA UTILIZADA

En el presente trabajo, se trata de analizar el impacto que tiene la cualificación de los trabajadores y la existencia de otras tecnologías aplicadas al proceso productivo en la implantación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la empresa.

Algunos autores plantean para ello un modelo de regresión lineal (p.e. Brynjolfsson y Hitt, 1998). Sin embargo, como un alto porcentaje de empresas de la muestra no realizan inversiones en TIC (38.98%) la estimación del modelo por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) genera estimadores sesgados, ya que la concentración de observaciones con un valor nulo en la inversión en TIC no puede venir generada por un modelo lineal. Igualmente, si sólo se emplean aquellas empresas que realizan inversión en TIC se obtendrían estimadores inconsistentes (Heckman, 1974; Maddala, 1983).

Por ello, resulta más adecuado realizar el análisis a través del procedimiento bietápico de Heckman (1979)⁹, también conocido como probit condicionado, que permite corregir los sesgos de selección de la muestra y obtener resultados más consistentes. Además, esta metodología, permite explicar tanto los determinantes de que se realice o no dicha inversión como la cuantía de la inversión en TIC.

Según este modelo, en una primera etapa se establece la variable dependiente como una variable censurada que tomará el valor 1 cuando “la empresa invierte en TIC” y 0 en caso contrario, que precisamente corresponde a la variable definida previamente como **Adopción_{TIC}**, y se estima el modelo mediante un procedimiento Probit.

La probabilidad de adopción de las TIC se define como una función de distribución acumulada, con un término del error distribuido según una normal. Este modelo permite analizar si las variables independientes (Licenciados, Técnicos, Otras Tecnologías, Tamaño y Sector de Alta Tecnología¹⁰) son factores significativos en la probabilidad de invertir o no en TIC.

En una segunda etapa, centrándose en aquellas empresas que han realizado inversiones (número de observaciones = 1045), se analiza cómo los factores definidos

⁹ Véase Reed (2000) para ver una discusión sobre Modelo de Heckman y el modelo de probit bivariado.

¹⁰ Como el modelo incluye una constante, se excluye la variable de "No titulados".

(variables independientes establecidas) influyen en la cantidad invertida en TIC (**Inversión_{TIC}**), a través de una regresión Mínimo Cuadrática Ordinaria (MCO). Además, se incorpora la variable λ_i o la ratio de Mill para cada empresa (*i*), que se obtiene del modelo anterior (el probit), ya que permite corregir el sesgo de selección. Esta variable recoge el cociente entre la función de densidad y la función de distribución, respectivamente, de la $N(0,1)$. Su inclusión en la regresión como un estimador más permite obtener estimadores consistentes para la submuestra de empresas que realizan inversiones en TIC.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de la estimación mediante el procedimiento descrito (Probit Condicionado) permiten obtener evidencia sobre los factores que influyen en la implantación de las TIC distinguiendo entre la decisión de invertir o no y la decisión sobre la cuantía a invertir¹¹. Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.- Resultados del Probit condicionado

	Etapa 1 PROBIT	Etapa 2 MCO
Variable	Adopción_{TIC}	Inversión_{TIC}
Constante	-3.587***	-8.848***
Tamaño	0.278***	1.111***
Licenciados	0.013**	0.041***
Técnicos	0.006	0.015***
Otras Tecnologías	0.393***	0.642***
Lambda (λ)	--	2.015***
Sector Alta Tecnología	0.138*	0.238***
Chi²	400.199***	--
R² (%)	17.789 ⁽¹⁾	66.76***
R² ajustado (%)	-	66.57***
Nº de empresas	1685	1045

*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01

¹¹ Para los estimaciones se ha utilizado el programa Limdep 7.0.

(1) Dada la imposibilidad de aplicar el coeficiente de determinación convencional por ser dicotómica la variable dependiente se ha utilizado el coeficiente de determinación de Mc Fadden: $R_{McFadden}^2 = \frac{(-2 \text{ Log } L_{null}) - (-2 \text{ Log } L_{model})}{-2 \text{ Log } L_{null}}$, donde L_{null} es el valor de máxima verosimilitud cuando sólo se

considera la constante y L_{model} el valor del modelo completo. Es una medida del poder explicativo del modelo probit, similar al valor del R^2 en la regresión MCO.

Además, se presenta en la Tabla 3 una medida de la capacidad predictiva de la primera etapa del análisis, donde se observa que los resultados predichos coinciden mayoritariamente con los observados.

Tabla 3.- Frecuencia de los resultados observados y predichos en el Probit.

		Adopción _{TIC} Pronosticado		Total
		0	1	
Adopción _{TIC} Observado	0	366	274	640
	1	174	871	1045
Total		577	1108	1685

Los resultados de la estimación permiten corroborar que en la implantación de las tecnologías de la información influye tanto el grado de cualificación de los trabajadores que posee la empresa, como la existencia de tecnologías relacionadas en la misma. Sin embargo, existen diferencias en los resultados según la etapa de análisis.

Así, se observa que, en la primera etapa (modelo Probit), los trabajadores con una mayor cualificación (Licenciados) tienen un impacto superior, estadísticamente significativo, en la probabilidad de adoptar las TIC que aquellos con un menor nivel de cualificación (Técnicos y No Titulados). Estos resultados concuerdan con los trabajos que argumentan que los recursos humanos son uno de los principales elementos organizativos que mayor influencia tiene en la efectividad de las tecnologías en general y de las TIC (Leavitt y Whisler, 1958; Pinsonneault y Kraemer 1997; Bresnahan *et al.* 2002).

En el caso de los técnicos el coeficiente no resulta estadísticamente significativo. Esta falta de efecto positivo sobre la probabilidad de la adopción de las TIC podría venir explicado por la resistencia de los mandos intermedios a la introducción de una tecnología que permitiría eliminar barreras jerárquicas en la empresa y, por tanto, reducir el control que ejercen en la organización. En ese sentido en el *OECD STI Scoreboard 2001* (OCDE, 2001b) se recoge como las TIC pueden producir un incremento en la demanda de cualificaciones altas, pero que pueden también, en ocasiones, reemplazar a los directivos de niveles intermedios. La posibilidad de ser sustituidos por las nuevas tecnologías puede ocasionar que los niveles intermedios

dificulten la adopción. La resistencia psicológica viene explicada por el miedo a la obsolescencia y a la pérdida del puesto de trabajo (Floyd, 1988); a la demanda de nuevas habilidades (Tapscott, 1981), a la pérdida de control (Galitz y Cirillo, 1983), o a la inadecuación de cara a las nuevas expectativas de resultados (Argyris, 1971; Zuboff, 1982).

En este sentido Schein (1996) refleja un caso en el que los ingenieros de la empresa percibían las redes de comunicación como una oportunidad para eliminar barreras jerárquicas, mientras que los directivos consideraban que la jerarquía era un mecanismo necesario para ejercer el control y la coordinación.

Por tanto se puede concluir que los resultados no permiten rechazar la hipótesis 1 en la que se planteaba que el efecto de los trabajadores con mayor cualificación tenía un impacto positivo en la adopción de las TIC, destacando la falta de efecto de los trabajadores con un nivel educativo medio y bajo.

No obstante, en la segunda etapa (MCO), se obtiene que tanto los trabajadores más cualificados (Licenciados) como aquellos con un nivel educativo medio (Técnicos) tienen un impacto estadísticamente diferente al de los No titulados en la cuantía invertida en las TIC. Es decir, se obtiene que el volumen de inversión en TIC de las empresas está relacionada positivamente con la existencia de trabajadores con alta y media cualificación. Esto permite corroborar la hipótesis 2 en la que se relacionaba positivamente la cualificación de los trabajadores y la cuantía invertida en TIC por las empresas. Estos resultados están en consonancia con los obtenidos en trabajos como Bresnahan *et al.* (2002) o Powell y Dent-Micallef (1997).

La tercera de las hipótesis también se confirma. Es decir, el impacto de la posesión de otras tecnologías relacionadas en la adopción de las TIC es positivo (p -valor < 0.001). Como ya se ha expuesto, el uso de otras tecnologías aplicadas al proceso de producción permite a la empresa (y a sus trabajadores) acumular experiencia respecto a las mismas que puede ser utilizada en la incorporación de otras nuevas (Neo, 1988) y, por tanto, le permite estar en mejores condiciones para superar los costes de cambio y adaptación. Las TIC permiten disminuir los costes de comunicación lateral y proporcionan una mayor información sobre los procesos, productos, etc. a las empresas, pero requieren que las capacidades de los trabajadores sean suficientes para que se

gestione adecuadamente dicha información, estas capacidades serán mayores si la empresa posee tecnologías análogas.

En cuanto a las variables de control, se observa que el tamaño de la empresa tiene un impacto positivo (p -valor < 0.001) tanto en la decisión de adoptar las TIC como en el volumen invertido en las mismas. En general, las empresas de mayor tamaño disponen de mayores recursos lo que les facilita una mayor inversión en TIC. Por el contrario, aquellas empresas de menor tamaño, con menor disponibilidad de recursos financieros y de gestión y con una cultura de aversión al riesgo, limitan las inversiones que suponen cambios drásticos para la empresa (Wozniak, 1987)¹².

Por último, la variable referente a la pertenencia de la empresa a un sector de Alta Tecnología resulta significativa tanto en el momento de la adopción (p -valor < 0.1) como en la decisión sobre la cuantía a invertir (p -valor < 0.01).

REFLEXIONES FINALES

La creciente implantación de las nuevas TIC en las empresas, ha llevado a identificar cuáles son los factores que afectan positivamente en ella. Así, basándonos en la literatura previa, se ha considerado el impacto que tiene la cualificación de los trabajadores y la disponibilidad de otras tecnologías relacionadas.

Los resultados, obtenidos para una muestra de 1685 empresas para 1998, confirman las hipótesis sobre que un mayor número de personal cualificado en la empresa y una mayor posesión de tecnologías relacionadas tienen un impacto positivo tanto en la decisión de invertir en el recurso “tecnologías de la información” como en el volumen de dicha inversión.

Estos resultados permitirían justificar el incremento experimentado en la demanda de trabajadores cualificados en los últimos años, como consecuencia del cambio tecnológico. Como recoge la *National Science Foundation* (2000), se está produciendo un gran incremento en la demanda de trabajadores cualificados “en las TIC”, tales como ingenieros en informática, analistas de sistemas, programadores, etc. Por tanto, las diferencias en las dotaciones de estos factores explicarían porqué existen distintos ritmos de adopción de las TIC por parte de las empresas. La relación entre las

¹² En Hewitt-Dundas (2000).

inversiones en TIC y los factores que son complementarios a las mismas, es dinámica, de modo que en el largo plazo los avances y la disminución en el precio de las TIC provocará una demanda mayor de dichos elementos complementarios, (Bresnahan, *et al.*, 2002), pero a corto plazo sólo algunas empresas poseerán esos factores complementarios y serán por ello las que presentarán una mayor demanda de TIC.

Ante estos resultados cabe destacar el problema que puede plantear la falta de trabajadores con las habilidades requeridas por las nuevas tecnologías. Esto ocasionará retrasos en el aprovechamiento de las mejoras en la productividad de las empresas y en el crecimiento de la economía española que según diversos estudios (Hitt y Brynjolfsson, 1997; Oliner y Sichel, 2000; Colecchia y Schreyer, 2001) posibilitarían dichas tecnologías.

La necesidad de aumento y mejora de la formación y la educación de los trabajadores como medio para aprovechar las posibilidades de beneficios de las TIC es una de las cuestiones a tener en cuenta por las autoridades públicas, ya que las políticas juegan un papel clave para asegurar que las ganancias potenciales en la productividad que defienden algunos autores se materialicen (OCDE, 2000). Estas deben favorecer la creación de un entorno que permita la adquisición de habilidades y competencias por parte de los trabajadores actuales y por los futuros potenciales trabajadores. Los países de la OCDE se enfrentan a la misión de garantizar que el nacimiento de nuevas industrias y actividades no se vea ahogado por la escasez de mano de obra o por cualificaciones insuficientes (OCDE, 2002, pp. 10).

Por todo ello, sería interesante seguir avanzando en el análisis de las relaciones cruzadas entre estos elementos para profundizar en la importancia de las interrelaciones entre las mismas.

ANEXO 1 Lista de sectores de Alta Tecnología

Clasificación CNAE-93

CNAE	Sectores
24	Industria química
29	Maquinaria y equipos
30	Maquinaria de oficina y material informático
31	Maquinaria y aparatos eléctricos
32	Aparatos de radio, TV y comunicaciones
33	Instrumentos médicos, de precisión, óptica y relojería
34	Industria automóvil
35	Otro material de transporte
64	Correos y telecomunicaciones
72	Actividades informáticas
73	Investigación y desarrollo

Fuente: Adaptado del Instituto Nacional de Estadística, datos disponibles en la web www.ine.es

BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D. (1998): "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, Issue 4 (Nov), pp. 1055-1089.
- Aghion, P., Caroli, E. y García Peñalosa, C. (1999): "Inequality and Economic Growth: The Perspective of the New Growth Theories". *CEPREMAP Discussion Paper*, June 1999.
- Argyris, C. (1971): "Management Information Systems: The Challenge to Rationality and Emotionality", *Management Science*, vol. 17, N° 6, pp. B275.
- Arnal, E.; Ok, W. y Torres, R. (2001): "Knowledge, Work Organization and Economic Growth". *Labour Market and Social Policy-Occasional Papers* No. 50, DEELSA/ELSA/WD(2001)3. OCDE
- Athey, S. y Stern, S. (1997): "An Empirical Framework for Testing Theories about Complementarities in Organizational Design". *NBER Working Paper* 6600.
- Autor, D.L., Katz, F. y Krueger, A.B. (1998): "Computing Inequality: Have Computer Changed the Labor Market?". *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, n° 4, Nov. 1998, pp. 1169-1213.
- Bartel, A. y Lichtenberg, F. (1987) : "The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology" *Review of Economics and Statistics*, LXIV (1987), pp. 1-11.
- Bell, B.D. (1996): "Skill-Biased Technical Change and Wages: Evidence from a Longitudinal Data Set". *Working Paper Institute of Economics & Statistics*, University of Oxford.
- 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 Manufactures", *Quarterly Journal of Economics*, May, 109, pp. 367-398.
- Berman, E., Bound, J. y Machin, S. (1998): "Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence", *Quarterly Journal of Economics*, vol 113, N° 4, Nov, pp.1244-1279.

- Berndt, E.R., Morrison, C.J. y Rosenblum, L.S. (1992): "High-tech Capital Formation and Labor Composition in U.S. Manufacturing Industries: an Explanatory Analysis", *NBER Working Paper* N° 4010, (March).
- Bharadwaj, A.S. (2000). "A Resource-Based Perspective on Information Technology Capability and Firm Performance: An Empirical Investigation". *MIS Quarterly*, vol. 24, n° 1, 169-196.
- Borghans, L. y Well, B. (2002): "The Diffusion of Computers and the Distribution of Wages", *ROA-RM-2002/5E*, Research Centre for Education and the Labour Market.
- Bresnahan, T. y Greenstein, S. (1997): "Technical Progress in Computers and in the Uses of Computers", *Brookings Papers on Economic Activity*, Micro.
- Bresnahan, T., Brynjolfsson, E. and Hitt, L. (2002): "Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor: Firm-level Evidence". *Quarterly Journal of Economics*, Febr 2002, pp. 339-376.
- Brynjolfsson, E. and Hitt, L. (1998): "Information Technology and Organizational Design: Evidence from Microdata", *MIT Sloan School, Working Paper*, 1998.
- Brynjolfsson, E.; Malone, T.W.; Gurbaxani, V., Kambil, A. (1994): "An Empirical Analysis of the Relationship Between Information Technology and Firm Size". 1993-1994 *MIT Working Paper*.
- Card, D. y Lemieux, T. (2001): "Can Falling Supply Explain the Rising Return to Collage for Younger Men? A Cohort-Based Analysis", *Quarterly Journal of Economics*, 2001, CXVI.
- Caroli, E. y Van Reenen, J. (2001): "Skill-Biased Organizational Change? Evidence from a Panel of British and French Establishments", *Quarterly Journal of Economics*, Nov., pp. 1449-1492.
- Colecchia, A. y Schreyer, P. (2001): "ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States the Unique Case? A Comparative Study of Nine ODCE Countries". *STI Working Papers, DSTI/DOC (2001/7)*.
- Comisión de la UE (2002): *Informe de la Comisión de la Unión Europea en 2001*.
Comisión de la UE

- Connor, H.; Hillage, J.; Millar, J. y Willison, R. (2001): "An Assessment of Skill Needs in Information and Communication Technology", Department for Education and Skills, *DfES Publications*.
- e-skills NTO (2001): "IT and Communications Professionals in the UK", *Labour Market Intelligence Report 2001*.
- Falk, M y Seim, K. (2001): "Workers' Skill Level and Information Technology: A Censored Regression Model". *International Journal of Manpower*, 2001, vol. 22, Issue 1-2, pp. 98-120.
- Fariñas, J.C. y Jaumandreu, J. (1999): "Diez Años de Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE)". *Economía Industrial*, nº 329, pp. 29-42.
- Floyd, S.W. (1988): "A Micro Model of IT Use by Managers". En Gattiker, U.E. y Larwood, L.(Eds) (1988): "*Managing Technological Development: Strategic and Human Resources Issues*", Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1988.
- Francalanci C. y Galal, H. (1998): "Information technology and worker composition: Determinants of productivity in the life insurance industry". *MIS Quarterly*, vol. 22, nº 2 (June 1998), 227-241.
- Galitz, W.O. y Cirillo, D.J- (1983): "The Electronic Office: How to Make it User Friendly", *Management Review*, vol 12, April, pp. 24.
- Galor, O. y Moav, O. (2000): "Ability-Biased Technological Transition, Wage Inequality, and Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, May 2000, pp. 469-497.
- García Olaverri, C. y Huerta, E. (1999): "Esfuerzo Tecnológico y Competitividad. ¿Son las Empresas Españolas cada vez más Flexibles?". *Papeles de Economía Española*, nº 81, pp.34-48.
- Goldin, C. y Katz L. (1998): "The Origins of Technology-Skills Complementarity", *Quarterly Journal of Economics*, vol 113, pp. 693-732.
- Görg, H. y Strobl, E. (2002): "Relative Wages, Openness and Skill-Biased Technological Change", *Discussion Paper*, nº 596, October 2002.
- Haskel, J.E. y Slaughter, M.J. (1998): "Does the Sector Bias of Skill-Biased Technical Change Explain Changing Wage Inequality". *NBER Working Paper Series*. WP 6565. <http://www.nber.org/papers/w6565>.

- Heckman, J. (1974): "Shadow Prices, Market Wages and Labor Supply". *Econometrica*, 42, pp.679-694.
- Heckman, J. (1979): "Sample Selection Bias as a Specification Error". *Econometrica* 47, pp.153-161.
- Hewitt- Dundas, N. (2000): "The Adoption of Advanced Manufacturing Technology and Strategic Complexity". NIERC, (North Ireland Economic Research Centre), *Working Paper Series*, nº 59. November 2000.
- Hitt, L. y Brynjolfsson, E., (1997): "Information Technology and Internal Firm Organization: An Explanatory Analysis". *Journal of Management Information Systems*, Fall 1997, vol.14, No.2, pp.81-101.
- Hoskins, M. (2000): "The Effects of Sectoral and Technological Changes on the Skill Composition of Employment in the United Kingdom 1951-91" *Economics Letters*, vol. 69, pp. 101-107.
- Huerta, E. y Larraza, M. (2001): "Tecnologías de la Información e Innovación Organizativa en la Empresa Española". *Working Paper UPN*.
- INE (1999): "Notas de prensa", disponible en <http://www.ine.es/prensa/np149.htm>
- Katz, L. y Murphy, K. (1992): "Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors", *Quarterly Journal of Economics*, vol 107, pp. 35-78.
- Katz, L.F., (1999): "Technological Change, Computerization, and the Wage Structure". Papel presentado en la "Conference on Understanding the Digital Economy: Data, Tools, and Research", U.S. Department of Commerce, Washington, DC. Ay 25-26. Disponible en <http://mitpress.edu/UDE/katz.rtf>.
- Kim, J-I. (2001): "Information Technology and Firm Performance in Korea", paper prepared for the *Thirteenth Annual East Asian Seminar on Economics*.
- Leavitt, H.J. y Whisler, T.L. (1958): "Management in the 1980's", *Harvard Business Review*, Nov-Dec 1958, pp. 41-48.
- Lope Peña, A. (1996): "Innovación tecnológica y cualificación. La polarización de las cualificaciones en la empresa". Colección Estudios. Consejo Económico y Social.
- Maddala, G.S. (1983): "Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics". Cambridge University Press.

- Matías Pereda, J. (2000): "Factores Relevantes en la Adopción de Tecnologías de la Información por la PYME Española", *Economía Industrial*, nº 334, pp.45-53.
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1990a): "Rationalizability, Learning, and Equilibrium in Games with Strategic Complementarities", *Econometrica*, vol. 58, nº 6, pp.1255-1277.
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1990b): "The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization". *American Economic Review*, vol. 80 nº. 3, pp. 511-528.
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1995): "Complementarities and Fit: Strategy, Structure and Organizational Change in Manufacturing," *Journal of Accounting and Economics*, vol 19 (March, 1995) pp.179-208.
- Milgrom, P., Qian, Y. y Roberts, J. (1991): "Complementarities, Momentum, and Evolution of Modern Manufacturing", *American Economic Review*, vol. 81, nº 2, pp. 84-88.
- National Science Foundation (2000): "*Science and Engineering Indicators 2000*" vol. 1.
- Neo, B.S. (1988): "Factors Facilitating the Use of Information Technology for Competitive Advantage: Exploratory Study". *Information & Management*, vol.15, pp. 191-201.
- OCDE (2000): "*A New Economy? The Changing Role of Innovation and TIC in Growth*". OCDE 2000. Paris.
- OCDE (2001a): "Drivers of Growth: Information Technology, Innovation and Entrepreneurship". *Science, Technology and Industry Outlook*. Special Edition 2001. OECD, Paris.
- OCDE (2001b): "OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2001" disponible en <http://www1.oecd.org/publications/e-book/92-2001-04-1-2987/>
- OCDE (2002): "Resumen Perspectivas de la OCDE sobre las IT 2002" OCDE. Disponible en <http://www.oecd.org>. El artículo original OCDE (2002): "*OECD Information Technology Outlook 2002*".
- Oliner, S. D. y Sichel, D. E. (2000): "*The resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story?*". Federal Reserve Board.
- Osterman, P. (1986): "The Impact of Computers on the Employment of Clerks and Managers". *Industrial and Labor Relations Review*, vol. 39, (1986), pp. 175-186.

- Pinsonneault, A. y Kraemer, K.L. (1997): "Middle Management Downsizing: An Empirical Investigation Technology". *Management Science*, nº 5, May 1997, pp. 659-679.
- Porter, M.E., and Siggelkow, N. (2001): "Contextuality within Activity Systems". *Working Paper*, Jones Center for Management Strategy, Policy and Organization, University of Pennsylvania, Philadelphia, 2001, disponible en <http://jonescenter.wharton.upenn.edu/papers/2001/wp01-03.pdf>
- Powell, T. C. y Dent-Micallef, A. (1997): "Information Technology as Competitive Advantage: the Role of Human, Business, and Technology Resources". *Strategic Management Journal*, May 1997, vol.18, nº5, pp.375-405.
- Reed, W. (2000): "A Unified Statistical Model of Conflict Onset and Escalation", *American Journal of Political Science*, vol 44, Nº 1, pp. 84-93.
- Salas, V. (1999): "Poder, relaciones y complementariedades en la teoría de la empresa *Papeles de Economía Española*, nº. 78-79, pp. 236-249.
- Salas, V. (2001): "La Dimensión de la Empresa en la Economía de la Información". *Papeles de Economía Española*, nº 89, 90, pp.2-17.
- Sanders, M y Ter Weel, B. (2000): "Skill-Biased Technical Change: Theoretical Concepts, Empirical Problems and Survey of the Evidence". *DRUID Conference*, Copenhagen, Denmark, 6-8 January 2000.
- Schein, E.H. (1996): "Three Cultures of Management: The Key to Organizational Learning" *Sloan Management Review*, otoño, pp. 9-20.
- Tapscott, D. (1981): "How Office Automation will Alter the Corporation", *Executive*, vol. 23, Nº 7, pp. 50.
- Torres, X. (2000): "Dispersión Salarial y Cambio Tecnológico en la Industria Española". *Tesina CEMFI* nº 0001 Febrero 2000.
- Turner, C. (2001): "*E-economía de la Información. Estrategias Empresariales para Competir en la Era Digital*"l. Ed. Deusto. Nueva Economía.
- Varian, H., Litan, R.E., Elder, A. y Schutter, J. (2002): "The Net Impact Study", ponencia presentada en el *Encuentro Walqa*, septiembre 2002.
- Zuboff, S. (1982): "New Worlds of Computer Mediated Work", *Harvard Business Review*, vol. 60, Nº 5, September-October, pp. 142-152.