

HABILIDADES DE LOS TRABAJADORES, ADOPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y EFICIENCIA EN LAS PYMES (*)

Francesco D. SANDULLI

José Ignacio LÓPEZ SÁNCHEZ

Antonio RODRÍGUEZ DUARTE

Universidad Complutense de Madrid

Resumen

El trabajo analiza cómo la adaptación de la organización a la implantación de las TIC afecta a la eficiencia de la pyme española. Concretamente, se considera la validez en entornos de microempresas de la teoría de la complementariedad entre tecnología y organización de Milgrom y Roberts, así como las teorías que soportan el cambio tecnológico sesgado a favor de trabajadores más cualificados. Se utiliza un análisis envolvente de datos (DEA) para calcular la eficiencia técnica de una muestra de 2.800 empresas con menos de 250 empleados. Los resultados revelan que en la realidad de la pyme no se cumplen las teorías anteriores, haciendo necesario un replanteamiento de las mismas.

Palabras clave: organización, España, complementariedad, cambio tecnológico sesgado.

Abstract

The paper analyzes how the adaptation of the organization to ICT affects the efficiency of Spanish SMEs. Specifically, considering the validity for microenterprises of related theories such as the theory of complementarity between technology and organization of Milgrom and Roberts, and the theories that support Skill-biased technological change. The research employed data envelopment analysis (DEA) to calculate the technical efficiency of a sample of 2,800 firms with fewer than 250 employees. Results revealed that these theories cannot be applied to SMEs and consequently they need to be reformulated.

Key words: organization, Spain, complementarities, biased technological change.

JEL classification: D24, M15, O33.

I. INTRODUCCIÓN

LAS tecnologías de la información (TI) tienen la capacidad de aumentar la riqueza de los países y las empresas (Oliner y Sichel, 2000). Esta afirmación es compartida por un elevado número de directivos y académicos. Sin embargo, este consenso se ha alcanzado solo en tiempos relativamente tardíos en relación a la aparición de estas tecnologías en los años setenta del siglo pasado. De hecho, en 1987 el premio Nobel de Economía Robert Solow hizo célebre la afirmación de que «las computadoras están por todas partes, excepto en las estadísticas de productividad» (Solow, 1987). Esta reflexión dio lugar a la *paradoja de la productividad* y a la realización de numerosos trabajos de investigación con el objetivo o bien de proporcionar algún tipo de explicación a esta paradoja o bien de refutar la afirmación (véase, por ejemplo, Dedrick *et al.*, 2003, para una revisión de la literatura de la paradoja de la productividad a nivel de empresa, sector y país).

Uno de los factores utilizados por los investigadores para explicar la paradoja de la productividad es la supuesta necesidad de que el retorno de la inversión en tecnologías de la información se obtiene

solo si la organización se adapta a estas nuevas tecnologías (Brynjolfsson e Hitt, 2000; Bresnahan *et al.*, 2002). Esta consideración se apoya en la clásica hipótesis de la complementariedad entre tecnología y organización planteada por Milgrom y Roberts (1990). Según esta hipótesis, las empresas deben ajustar las dimensiones estructurales de sus organizaciones, tales como definiciones de tareas, controles de gestión, niveles de especialización vertical y horizontal o la distribución de poder a los nuevos flujos de información derivados de la adopción de las tecnologías de la información. Dentro de este conjunto de ajustes organizativos asociados a la adopción de las tecnologías de la información (TI), la literatura que ha analizado la paradoja de la productividad resalta la necesidad de realizar cambios significativos en las capacidades y competencias que los trabajadores de estas organizaciones necesitan desarrollar para adaptarse a las nuevas tecnologías (Black y Lynch, 2001; Bresnahan *et al.*, 2002; Bartel *et al.*, 2007).

Nuestro estudio sigue la línea de investigación que evalúa el cambio en la demanda de competencias y el efecto de la complementariedad entre las TI y los recursos humanos en la eficiencia de la empresa. La principal aportación de esta investigación

es su foco en las pequeñas y medianas empresas. Mientras que la mayoría de las investigaciones anteriores sobre el tema prueban sus hipótesis en muestras de las grandes empresas, en este trabajo se pone a prueba el efecto de la complementariedad entre las TI y los ajustes en las capacidades de los recursos humanos en las pequeñas y medianas empresas. Consideramos que nuestra aportación es muy relevante porque estas empresas son cruciales en lo que respecta a la creación de empleo en la mayoría de las economías y, por tanto, son determinantes a la hora de perfilar el conjunto de capacidades demandadas en los trabajadores de un país (Tansky y Heneman, 2003) y porque estas empresas en la gestión de la adopción de las tecnologías de la información tienden a imitar las prácticas adoptadas por las grandes empresas, aunque dichas prácticas no sean óptimas teniendo en cuenta las características específicas de este tipo de empresas (Levy *et al.*, 2001).

Tal y como detallaremos más adelante, la literatura describe cómo la adopción de las tecnologías de la información aumenta la demanda por parte de las empresas de dos conjuntos de habilidades en los trabajadores: capacidades específicas en TI, que se fundamentan en el conocimiento y habilidad del trabajador para saber utilizar eficientemente estas tecnologías; y capacidades cognitivas, que se concretan en capacidades numéricas y habilidades de comunicación, de razonamiento y de resolución de problemas. El desarrollo de todas estas capacidades determina las prácticas de gestión de los recursos humanos de las empresas. Más concretamente, en este trabajo describiremos cómo algunos trabajos académicos anteriores dentro de la literatura de TI explican que la necesidad de disponer de trabajadores con capacidades en TI lleva a las empresas a invertir en formación específica en estas tecnologías y a contratar a trabajadores más jóvenes. Por otro lado, la literatura sobre el *skill biased technological change* (cambio tecnológico sesgado por las habilidades) defiende que la necesidad de disponer de trabajadores con capacidades cognitivas lleva a la contratación de trabajadores con niveles de educación más altos, concretamente favorece la contratación de trabajadores con títulos universitarios.

Tal y como describiremos en las siguientes secciones de este trabajo, los escasos trabajos que han abordado la relación entre estructura organizativa y adopción de las TI en las pymes no consiguen confirmar la relación positiva que se observa entre estas tecnologías y la eficiencia en las grandes organizaciones. Kanamari y Motohashi (2006) en su análisis

de las empresas japonesas o Giuri *et al.* (2008) en el estudio de la realidad económica italiana encontraron que, mientras en las grandes corporaciones existe una relación estadísticamente significativa entre adopción de las TI, descentralización y eficiencia, en las pymes japonesas e italianas no se da esta relación. Estos autores explican los resultados indicando que se deben a que las ventajas proporcionadas por la TI son significativas en el caso de estructuras organizativas complejas, pero son marginales en estructuras más sencillas. Esta afirmación se basa en el hecho de que las pequeñas y medianas empresas difieren de las grandes corporaciones por tener un nivel de especialización horizontal y vertical más reducido y por tener flujos de información menos complejos. Otra causa de la falta de impacto de las TI en la eficiencia de las pymes es el menor nivel de sofisticación de sus prácticas empresariales. Varios autores sugieren que el impacto positivo de la adopción de las TI no depende de la introducción de una práctica de gestión específica, sino de la adopción de un conjunto de prácticas organizativas que son complementarias entre sí (Milgrom y Roberts, 1990; Bertscheck y Kaiser, 2004; Subramony, 2009). Por ejemplo, las pymes utilizan menos las estrategias formales de contratación, ofrecen menos formación a sus empleados y son menos propensas a usar los sistemas de compensación basados en el rendimiento (véase, por ejemplo, Carison *et al.*, 2006). Siguiendo estos planteamientos, nuestra hipótesis principal defiende que la adopción de TI en las pequeñas y medianas empresas incrementa la demanda de capacidades en TI, pero no exige mayores capacidades cognitivas en sus trabajadores porque el ajuste organizativo no es profundo.

La siguiente sección revisa la literatura más importante que se ocupa de la adaptación de las capacidades de los trabajadores de la empresa a las nuevas tecnologías. La sección III describe el diseño del estudio. La IV presenta los resultados obtenidos. Por último, en la V se extraen las conclusiones y se exponen las consecuencias.

II. MARCO TEÓRICO

La adopción de las tecnologías de la información permite reorganizar las tareas y las responsabilidades de una organización. En primer lugar, esta reorganización permite aumentar el mayor ángulo de control, favoreciendo el aplanamiento de las estructuras organizativas a través de la eliminación de niveles jerárquicos intermedios, e intensificar la delegación de

autoridad a los trabajadores de línea y la construcción de vínculos de comunicación lateral (véase, por ejemplo, Garicano y Rossi-Hansberg, 2006). En segundo lugar, las tecnologías de la información facilitan la automatización de tareas rutinarias, permitiendo la reducción de puestos de trabajo rutinarios así como del personal dedicado a dichas tareas (Autor *et al.*, 2003). En este sentido, la adopción de estas tecnologías implica tanto la reducción de la cantidad de trabajadores por unidad de producto, al eliminar mandos intermedios y trabajadores dedicados a tareas rutinarias, como una mayor motivación de los trabajadores debida al enriquecimiento. Estos efectos repercuten sobre una mayor eficiencia de las organizaciones. Por ejemplo, Berschtek y Kaiser (2004) encontraron que las tecnologías de la información aumentan la productividad del trabajo a través del aplanamiento de las jerarquías y el fomento del trabajo en grupo. En la misma línea, Gera y Wu (2004) argumentaron que las jerarquías más planas y la delegación en la toma de decisiones permite difundir la información más rápidamente dentro de las empresas, ayudar a mejorar la capacidad innovadora y creativa del personal y la capacidad de respuesta de la empresa frente a los clientes. Bresnahan *et al.* (2002) indican que la descentralización se asocia con una alta productividad de las TI. Brynjolfsson *et al.* (1996) describen un caso en el que la adopción de tecnologías de la información no cumplió con las expectativas en términos de mejoras en la productividad hasta que fue acompañada por una mayor delegación de autoridad en la organización. Francalanci y Galal (1998) muestran cómo en la industria de seguros la mayor descentralización producida por la adopción de las TI lleva a un incremento en la proporción de directivos y a una reducción del número de trabajadores de cuello blanco. En otro ejemplo, Autor *et al.* (2000) describe cómo en una entidad bancaria la adopción de un sistema de procesamiento de imágenes de cheques para tramitar cheques condujo a la eliminación de 180 puestos de trabajo administrativo.

La nueva configuración de las tareas provoca cambios en la demanda de habilidades y conocimiento de la empresa. La literatura anterior (ver cuadro n.º 1) resume este cambio en la demanda de competencias que afectan específicamente a dos grupos de habilidades: *a)* habilidades específicas relacionadas con las TI, es decir, la capacidad de utilizar eficazmente las nuevas tecnologías (Munro *et al.*, 1997; Bharadwaj, 2000; Lippert y Forman, 2005), y *b)* habilidades cognitivas (Bresnahan, 1999; Autor *et al.*, 2003; Garicano y Rossi-Hansberg, 2006, entre otros).

La demanda de trabajadores con conocimientos informáticos se encuentra en el corazón de la capacidad de las empresas para asimilar estas tecnologías (Mata *et al.*, 1995; Armstrong y Sambamurthy, 1999), mientras que la demanda de trabajadores con habilidades cognitivas y de comunicación refleja la necesidad de las empresas de organizarse en torno a estructuras jerárquicas más planas.

Las organizaciones necesitan trabajadores con habilidades relacionadas con el manejo de las TI. Una fuerza de trabajo con estas habilidades está muy correlacionada con la capacidad de absorción tecnológica y la adopción eficiente de TI en las organizaciones (Armstrong y Sambamurthy, 1999). Zammuto y O'Connor (1992) indican que los empleados deben aprender a usar las TI para mejorar los flujos de comunicación de la organización. Esta mejor comunicación se articula, según estos autores, a través de mejoras en la capacidad de los empleados para extraer conclusiones relevantes de sus actos, para expresar ideas, para emitir juicios y opiniones o para comunicarse con otros empleados. Sin embargo, la literatura sugiere que la disponibilidad de trabajadores con estos conocimientos informáticos en el mercado de trabajo no siempre es elevada. Además, algunos de estos conocimientos informáticos son difíciles de adquirir e imitar, ya que a menudo se basan en el conocimiento tácito de la integración entre tecnología y los procesos de la empresa (Bharadwaj, 2000; Bassellier *et al.*, 2001). La adopción de TI con éxito requiere una estrategia de recursos humanos destinada a desarrollar estas habilidades y conocimientos (DiNardo y Pischke, 1997; Baldwin y Sabourin, 2002; Baldwin *et al.*, 2003). La pregunta para las pymes sigue siendo cómo mejorar la alfabetización informática de la plantilla. Existen dos respuestas plausibles a esta pregunta: o bien a través de la formación de los trabajadores de la empresa, o bien a través de la contratación de nuevos empleados con estas habilidades.

En relación con la formación en TI, existe un alto número de trabajos que vinculan este mecanismo de desarrollo de las habilidades TI y la eficiencia de las empresas que adoptan estas tecnologías. Zoghi y Pabilonia (2005) muestran que la adopción de TI es más sencilla en empresas en las que los trabajadores han recibido formación en TI. Forth y Mason (2006) indicaron que la escasez en habilidades TI tiene efectos negativos sobre la eficiencia de las empresas, ya que dificulta la adopción e intensidad de uso de las TI. Mientras que López-Sánchez *et al.* (2006) encontraron un impacto positivo de la

CUADRO N.º 1

LITERATURA SOBRE AJUSTE ORGANIZATIVO Y ADQUISICIÓN DE HABILIDADES POR PARTE DE LOS TRABAJADORES

| <i>Estudio</i> | <i>Ajuste organizativo</i> | <i>Adquisición de habilidades de los trabajadores</i> | <i>Descripción de la muestra</i> | <i>Fuente</i> | <i>País</i> |
|-----------------------------|--|---|---|--|-----------------------|
| Brynjolfsson e Hitt (2000) | Descentralización de la toma de decisiones. | Contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Grandes corporaciones de la lista Fortune 1000. | Computer Intelligence InfoCorp y Compustat | EE.UU. |
| Black y Lynch (2001) | Jerarquías más planas, trabajo en equipo. | Formación en TI a los trabajadores. | Empresas con más de 20 empleados (muestra sesgada a empresas en sectores manufactureros y con más de 100 empleados). | EQW National Employers Survey -Census Bureau | EE.UU. |
| Caroli y Van Reenen (2001) | Descentralización de la toma de decisiones. | Contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Empresas con más de 10 empleados en sectores de manufacturas y servicios. | British Workplace Industrial Relations Survey (WIRS) y REPOSE (Relations Professionelles et Negociations d'Enterprise) | Reino Unido y Francia |
| Bresnahan et al. (2002) | Jerarquías más planas. | Formación en TI a los trabajadores y contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Grandes corporaciones de la lista Fortune 1000. | Computer Intelligence InfoCorp y Compustat | EE.UU. |
| Hempell (2003) | | Formación en TI a los trabajadores y contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Empresas con más de 5 empleados en el sector servicios. | Mannheim Innovation Panel in Services | Alemania |
| Berschtek y Kaiser (2004) | Jerarquías más planas. | | Empresas con más de un empleado en el sector servicios. | Service Sector Business Survey (SSBS) Centre for European Economic Research (ZEW, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung) | Alemania |
| Gera y Gu (2004) | Jerarquías más planas y descentralización de la toma de decisiones. | | Empresas con más de un empleado. | Workplace and Employee Survey (WES) Statistics Canada | Canadá |
| Aubert et al. (2006) | | Contratación de trabajadores más jóvenes. | Empresas con más de 20 empleados en el sector manufacturero. | COI (Changements Organisationnels et Informatisation) survey, DADS (Déclarations Annuelles de Données Sociales), BRN (Benefices Reels Normaux) | Francia |
| Kanamori y Motohashi (2006) | En algunas organizaciones se da fuerte centralización de la toma de decisiones, en otras descentralización de la toma de decisiones. | | Empresas con más de un empleado en el sector manufacturero y empresas con más de 50 empleados en el sector servicios. | Basic Survey on Business Structure and Activity (BSBSA), the Ministry of Economy Trade and Industry's (METI's) of Japan | Japón |
| Bartel et al. (2007) | Jerarquías más planas. | Contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Empresas con más de un empleado en el sector manufacturero y con actividades de I+D. | Longitudinal Research Database (LRD) Census Bureau | EE.UU. |

CUADRO N.º 1 (continuación)

LITERATURA SOBRE AJUSTE ORGANIZATIVO Y ADQUISICIÓN DE HABILIDADES POR PARTE DE LOS TRABAJADORES

| Estudio | Ajuste organizativo | Adquisición de habilidades de los trabajadores | Descripción de la muestra | Fuente | País |
|--|--|--|---|---|--------|
| Gargallo-Castell y Galve-Gorriz (2007) | No existe vinculación significativa entre TIC e innovación de proceso. | Contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Empresas con tamaño medio de 261 trabajadores. | Encuesta de Estrategias Empresariales | España |
| Sánchez-Mangas (2007) | Mayor productividad en sectores intensivos en TIC y que realizan reorganización de procesos. | | Empresas con tamaño medio de 221 trabajadores. | Contratación de empleados con mayor nivel educativo | España |
| Giuri <i>et al.</i> (2008) | | Contratación de empleados con mayor nivel educativo. | Empresas con más de 10 empleados en manufacturas. | ICT_Adoption Survey y Mediocredito Centrale | Italia |
| Torrent-Sellens y Ficapal-Cusí (2010) | El impacto conjunto de organización y TIC en la productividad es positiva en sectores intensivos en tecnología y conocimiento y negativa en sectores no intensivos en tecnología y conocimiento. | El impacto conjunto de cualificación de personal y TIC en la productividad es negativo para el conjunto de las empresas de la muestra. | Empresas catalanas de todos los sectores. | Encuesta propia y Sistema de Análisis Ibéricos | España |

formación TI sobre la eficiencia de empresas españolas, Hempell (2003) muestra resultados similares para las alemanas. No existe evidencia empírica específica de las pymes, aunque Giuri *et al.* (2008) observaron cierta evidencia empírica del efecto positivo de la formación en TI sobre la eficiencia de pymes italianas. En este sentido, la formación en TI es una práctica relativamente fácil de adoptar y externalizar, por lo que incluso pequeñas y medianas empresas con escasos recursos pueden formar a sus trabajadores en competencias en TI (Galanaki *et al.*, 2008). A partir de esta evidencia inicial, se puede plantear que la formación en TI incidirá de forma positiva sobre la eficiencia de las pymes que adoptan TI. Formalmente:

— *Hipótesis 1*: La formación en TI presenta un impacto positivo sobre la eficiencia de las pequeñas y medianas empresas que adoptan estas tecnologías.

La literatura sobre cambio tecnológico sesgado por las habilidades defiende que la necesidad de contar con trabajadores con mayores habilidades cognitivas llevará a las empresas a contratar a trabajadores con mayores niveles educativos. El mayor nivel de educación está asociado a mayores capacidades para llevar a cabo las tareas no rutinarias y

para asumir niveles más altos de autonomía en la toma de decisiones. La literatura que aborda este fenómeno indica que las organizaciones que han adoptado las TI al contratar trabajadores con mayor nivel de educación obtendrán mejoras en la eficiencia. Estas mejoras se explican por la reducción de los costes de formación, por la menor necesidad de supervisión directa y, por tanto, menor necesidad de mandos intermedios (Garicano y Rossi-Hansberg, 2006) o por una mayor motivación (Caroli y Van Reenen, 2001). Sin embargo, existen algunos trabajos que plantean dudas sobre la conveniencia de contratar trabajadores con mayores niveles educativos. Bartel *et al.* (2007), por ejemplo, observaron que la prima de eficiencia de las empresas se explica por las habilidades en TI de los trabajadores y no por el nivel educativo de los mismos. Además, existen varios trabajos que sugieren que las pymes suelen tener un problema de fuerzas de trabajo sobrecualificadas. El problema de la sobrecualificación se da cuando un trabajador posee un nivel educativo superior al necesario para las tareas que desempeña. La literatura sobre la sobrecualificación (véase, por ejemplo, el trabajo seminal de Tsang, 1987) sugiere que la sobrecualificación incide negativamente sobre la eficiencia de las organizaciones, bien por tener que pagar una prima salarial por el nivel educativo del trabajador que realmente no sería nece-

saría para las tareas que desempeña, bien por la falta de motivación del trabajador que es consciente de que está desarrollando tareas que no se adecuan a su nivel educativo. El problema de la sobrecualificación es más frecuente en las pymes porque las empresas más grandes suelen contar con sistemas de contratación más sofisticados y una mayor gama de puestos de trabajo, lo cual tiende a disminuir la probabilidad de infrautilización de las habilidades del trabajador y la falta de coincidencia en el binomio educación-trabajo. Además, tal y como se ha descrito anteriormente, las pymes no siempre llevan a cabo el proceso de descentralización de la toma de decisiones que según la teoría de la complementariedad tecnología-organización debería seguir a la adopción de las TI. Las pymes en las que no se lleva a cabo esta descentralización no necesitan desarrollar habilidades cognitivas en sus trabajadores y, por tanto, no necesitan trabajadores con mayores niveles educativos. En definitiva, las pymes que contratan trabajadores con altos niveles educativos no siempre son las más eficientes, tal y como avanzan empíricamente Giuri *et al.* (2008). Este razonamiento se puede formalizar en la siguiente hipótesis:

— *Hipótesis 2:* La contratación de trabajadores con mayor nivel educativo no presenta un impacto positivo sobre la eficiencia de las pequeñas y medianas empresas que adoptan las TI.

La necesidad de conseguir trabajadores con habilidades en TI y habilidades cognitivas suele provocar que algunas empresas prioricen la contratación de trabajadores más jóvenes. La literatura explica este enfoque por el hecho de que a medida que aumenta la edad de los trabajadores las habilidades cognitivas se deterioran (Autor *et al.*, 2003), la oposición al cambio o a recibir formación aumenta (Aubert *et al.*, 2006) y el nivel de alfabetización informática disminuye (Korupp y Szydlik, 2005). Sin embargo, la literatura empírica que ha analizado la relación entre edad del trabajador y productividad no consigue encontrar evidencia de que una mayor edad de la plantilla implique una menor eficiencia de la organización (Munro *et al.*, 1997; Borghans y Ter Weel, 2001). Por esta razón, no se puede afirmar que las pymes que contratan a trabajadores más jóvenes para conseguir un mejor ajuste organizativo a las TI vayan a ser más eficiente. Formalmente se plantea la siguiente hipótesis:

— *Hipótesis 3:* La contratación de trabajadores más jóvenes no presenta un impacto positivo sobre la eficiencia de las pequeñas y medianas empresas que adoptan las TI.

En los siguientes apartados se realizará la validación empírica de las hipótesis planteadas.

III. DISEÑO DEL ESTUDIO

La literatura anterior sobre la relación entre la adopción de TI y eficiencia muestra una variedad notable de metodologías de medición empírica del fenómeno y la ausencia de criterios uniformes sobre la idoneidad de estas metodologías. En este estudio se ha optado por utilizar el análisis envolvente de datos (*data envelopment analysis*, en adelante DEA). Esta técnica mide la eficiencia de una organización a través de la relación entre el nivel de producto obtenido y la cantidad de inputs empleada. La principal razón por la que se ha optado por este enfoque es la flexibilidad que aporta al ser una técnica no paramétrica, ya que no es necesario establecer presunciones restrictivas en relación a la forma funcional de la función de producción de cada empresa. La principal restricción del método es que exige cierta homogeneidad en las unidades analizadas. Por esta razón, se ha estimado una frontera eficiente específica para cada industria. La eficiencia de cada empresa se obtiene como la distancia a la frontera. Por convención, se asigna un valor de 1 a los puntos situados en la frontera eficiente (éste será el valor máximo de eficiencia) y el resto de las empresas tendrán una eficiencia que adoptará un valor entre 0 y 1. Además de la ventaja mencionada anteriormente, el análisis DEA cuenta con la ventaja de poder establecer relaciones entre inputs y outputs, independientemente de su medida. Además, el DEA está en consonancia con la teoría económica que considera el proceso de producción como una actividad de optimización.

En la segunda etapa del análisis se realizará un análisis de regresión de la eficiencia técnica de las empresas sobre un conjunto de variables explicativas. En este estudio, las variables explicativas están relacionadas con las TI y las hipótesis planteadas anteriormente: la formación en TI, la contratación de personal con niveles educativos más altos y la contratación de personal más joven. Existe una cierta falta de consenso en cuanto a la forma más adecuada de llevar a cabo esta segunda etapa del análisis, debido al hecho de que el rango de valores de la eficiencia técnica (de 0 a 1) implica que las regresiones MCO y otras soluciones normalmente propuestas en la literatura no sean plenamente satisfactorios (Hoff, 2007).

La población analizada en el estudio se compone de todas las empresas españolas registradas en la

Oficina del Registro Mercantil con, al menos, un trabajador y menos de 250. Se excluyeron a los empresarios individuales y empresas sin empleados. Se han utilizado dos fuentes de información. Por un lado, la información sobre el uso de las TI por las empresas se obtuvo de una encuesta anual de AMETIC (Asociación de Empresas del Sector TIC, las Comunicaciones y los Contenidos Digitales). A partir de la muestra original de AMETIC de 3.272 empresas se ha construido una muestra 2.526 empresas para las empresas de menos 250 empleados. Este procedimiento podría generar eventualmente un sesgo de la muestra. La encuesta de la AMETIC proporciona entre otras informaciones el número de empleados que utilizan ordenadores, los diferentes sistemas de información utilizados por la empresa, si la empresa ha hecho algunos ajustes en la organización tras la adopción de la tecnología, la formación en TI, así como la distribución por edad y nivel educativo de la fuerza laboral. En cuanto a la adopción de TI, ya que la encuesta no proporciona información fiable sobre la verdadera inversión monetaria en TI de las empresas, se ha utilizado como medida de adopción de las TI el porcentaje de trabajadores que utilizan ordenadores en sus tareas habituales y el número de aplicaciones disponibles en la empresa, tales como ERP, CRM, SCM, Data Warehouse/Minería de Datos, y CAD/CAM. Este enfoque ha sido empleado en trabajos similares como Pinsonneault y Kraemer (2002) u Ohnemus (2007). Al calcular diferentes fronteras estocásticas por industrias, las especificidades en términos de adopción de un tipo de aplicación específico por parte de un sector quedan recogidas en el estudio. En este sentido, una contribución interesante de nuestro

análisis consiste en la adopción de enfoques más recientes al estudio de la paradoja de la productividad, analizando no tanto la inversión en TI, enfoque tradicional, sino más bien el uso de las TI por parte de las organizaciones (Devaraj y Kohli, 2003).

La información financiero-contable utilizada para determinar la eficiencia técnica se extrae de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos), que contiene información contable y financiera obtenida de los registros financieros de más de 900.000 empresas españolas y portuguesas. En el cuadro n.º 2 se describen las variables utilizadas en nuestro análisis.

Con el fin de medir la eficiencia de las empresas, se ha utilizado como variable de output los ingresos de explotación y como variables de input el número de empleados, los costes salariales, el valor del activo fijo y su depreciación. Debido a la heterogeneidad de la muestra se han presupuesto rendimientos variables a escala; de acuerdo a la clasificación de Cooper *et al.* (2007), las especificaciones de nuestro modelo se pueden incluir en la categoría BCC-I.

En una segunda etapa, la eficiencia técnica se plantea como variable dependiente en una regresión sobre las variables TECNO, ITLAB, ORGAN, HARDITTRAIN, LIC y YOUNG. La estimación de la relación entre estas variables y la eficiencia utilizando mecanismos como mínimos cuadrados ordinarios o Tobit puede producir resultados poco fiables. Por esta razón se ha optado en un primer momento por calcular los indicadores de supereficiencia

CUADRO N.º 2

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

- **Nivel de uso de las TI (TECNO):** variable categórica con 6 niveles que varían entre 0 si la empresa no tiene ninguna de las aplicaciones (Data Warehouse/Data Mining, ERP, CRM, SCM, CAD/CAM), a 5 si la empresa cuenta con los cinco tipos de aplicaciones de TI.
- **Adaptación de la organización a la TI (ORGAN):** variable dicotómica que toma valor 1 si, como consecuencia de la adopción de las TI, la empresa ha realizado algún ajuste relevante en la estructura organizativa.
- **Formación TI no intensiva (SOFTITTRAIN):** variable dicotómica que toma valor 1 si las empresas han realizado de media uno o menos cursos de formación en TI al año en los tres últimos años.
- **Formación TI intensiva (HARDITTRAIN):** variable dicotómica que toma valor 1 si las empresas han realizado en media más de un curso de formación en TI al año en los últimos tres años.
- **Tamaño (NE):** variable continua que recoge el logaritmo natural del número de empleados de la empresa.
- **Empleados que utilizan ordenadores (ITLAB):** ratio (número de empleados que utilizan ordenadores de forma habitual en la realización de sus tareas sobre el número medio de empleados que utilizan ordenadores de forma habitual en la realización de sus tareas para cada sector).
- **Licenciados (LIC):** variable dicotómica que toma valor igual a 1 si el porcentaje de licenciados en la plantilla está por encima de la media del sector.
- **Trabajadores jóvenes (YOUNG):** variable dicotómica que toma valor igual a 1 cuando el porcentaje de la plantilla con menos de 35 años (edad límite establecida por el Ministerio de Trabajo e Inmigración para considerar ayudas a la contratación de jóvenes) está por encima de la media del sector.

(Andersen y Petersen, 2003) y utilizarlos como variable dependiente en la segunda etapa. Para las empresas ineficientes, el indicador de eficiencia y supereficiencia coinciden, mientras que para las empresas eficientes el indicador de supereficiencia muestra la medida en la que los outputs generados por dicha empresa exceden el nivel necesario para ser eficientes. La ventaja de utilizar los indicadores de supereficiencia consiste en poder trabajar con una variable dependiente no censurada. Sin embargo, la utilización de mínimos cuadrados ordinarios sigue siendo poco apropiada al necesitarse un modelo de estimación como el análisis de frontera estocástica que recoja no solo las fluctuaciones aleatorias en el término de error sino que también recoja los sesgos a la baja debidos a la ineficiencia idiosincrática de las empresas ineficientes (Badin *et al.*, 2011). Además, en la estimación de la segunda etapa es importante no incluir observaciones atípicas que puedan sesgar los resultados. Por esta razón, siguiendo el enfoque de Banker y Chang (2006), no se consideran en la segunda etapa observaciones con indicadores de supereficiencia superiores a 120 por 100.

Los estadísticos descriptivos en el cuadro n.º 3 muestran que la adopción de TI en las pymes españolas se caracteriza por un relativamente alto porcentaje de trabajadores que utilizan ordenadores, pero un número bajo de aplicaciones informáticas, lo que indica una automatización de procesos todavía limitada. Además, los datos sugieren que pocas pymes han modificado su estructura por la

adopción de las TI y que cerca de la mitad ha formado a sus trabajadores en TI en los últimos tres años, aunque solo el 13 por 100 lo ha hecho de forma intensa. Asimismo, se observa que los trabajadores jóvenes son una parte significativa de las plantillas y que, sin embargo, la presencia de licenciados es reducida. Los datos en el cuadro n.º 4 muestran correlaciones significativas entre el uso de TI y la presencia de licenciados en la plantilla.

IV. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS

El objetivo de nuestro modelo consiste en determinar si la interacción entre algunos mecanismos de desarrollo de habilidades en TI y habilidades cognitivas, así como el uso de TI ofrecen un efecto específico sobre la eficiencia de una organización. Esto ocurrirá si hay términos significativos de interacción entre el uso de TI y dichos mecanismos de desarrollo de habilidades. Por lo tanto, nuestro modelo incluye los términos de interacción entre estos dos grupos de variables además del término de error ε y el término de ineficiencia u :

$$\begin{aligned} \text{SUPEREFIENCIA} = & C + \beta_1 \text{LIC} + \beta_2 \text{YOUNG} + \\ & + \beta_3 \text{HARDITRAIN} + \beta_4 \text{ITLAB} + \beta_5 \text{ORGAN} + \\ & + \beta_6 \text{TECNO} + \beta_7 \text{LIC*ITLAB} + \beta_8 \text{YOUNG*ITLAB} + \\ & + \beta_9 \text{HARDITRAIN*ITLAB} + \beta_{10} \text{ORGAN*ITLAB} + \\ & + \varepsilon - u \end{aligned}$$

CUADRO N.º 3

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

| Variable | Obs. | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|---|-------|----------|---------------------|--------|-----------|
| Ingresos (miles de €) | 2.526 | 2.257,54 | 6.640,413 | 4 | 119.500,3 |
| Inmovilizado (miles de €) | 2.526 | 1.051,21 | 5.077,68 | 0,524 | 152.230,3 |
| Salarios (miles de €) | 2.526 | 390,76 | 877,35 | 1,433 | 11.924 |
| Supereficiencia | 2.526 | 0,143 | 0,172 | 0 | 1,17 |
| Trabajadores | 2.526 | 4,93 | 3,32 | 1 | 163 |
| HARDITRAIN (*) | 2.526 | 0,138 | 0,345 | 0 | 1 |
| SOFTITRAIN (*) | 2.526 | 0,317 | 0,465 | 0 | 1 |
| Trabajadores menores de 35 años (**) | 2.526 | 44,10 | 29,65 | 0 | 100 |
| Trabajadores licenciados (**) | 2.526 | 27,16 | 30,82 | 0 | 100 |
| Trabajadores que utilizan ordenadores en sus tareas habituales (**) | 2.526 | 70,39 | 33,95 | 0 | 100 |
| TECNO (*) | 2.526 | 0,73 | 1,13 | 0 | 5 |
| Reorganización de procesos | 2.526 | 0,17 | 0,33 | 0 | 1 |

Notas:

(*) Véase la definición de las variables en el cuadro n.º 2.

(**) Variables medidas en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 4

CORRELACIONES

| | Ingresos | Inmovilizado | Salarios | Trabajadores que usan ordenadores (a) | Trabajadores titulados (a) | Trabajadores jóvenes (a) |
|---|-------------|--------------|-------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Ingresos | 1 | 0,406 (**) | 0,718 (**) | -0,082 (**) | 0,002 | 0,052 (**) |
| Inmovilizado | 0,406 (**) | 1 | 0,395 (**) | -0,039 (*) | 0,009 | 0,012 |
| Salarios | 0,718 (**) | 0,395 (**) | 1 | -0,146 (**) | -0,018 | 0,640 (**) |
| Trabajadores que usan ordenadores (a) | -0,082 (**) | -0,039 (*) | -0,146 (**) | 1 | 0,382 (**) | 0,030 |
| Trabajadores titulados (a) | 0,002 | 0,009 | -0,018 | 0,382 (**) | 1 | 0,046 (*) |
| Trabajadores jóvenes (a) | 0,052 (**) | 0,012 | 0,064 (**) | 0,030 | 0,046 (*) | 1 |

Notas:

(a) Variables medidas en porcentaje.

(*) La correlación es significativa al nivel 0,05. (**) La correlación es significativa al nivel 0,01.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, para facilitar la interpretación de los coeficientes e interacciones se ha procedido a invertir los valores de las variables dicotómicas y transformar ITLAB restándole 1 al valor obtenido. En el cuadro n.º 5 se presentan los resultados de la regresión. Se incluyen los resultados de una regresión sin incluir interacciones entre variables. Los resultados de la ratio LR demuestran que el modelo con interacciones se ajusta a los datos significativamente mejor que el modelo sin interacciones.

Los resultados del modelo sin interacciones (Modelo 1) indican que el uso de las TI tanto en las especificaciones TECNO e ITLAB predice la eficiencia de las empresas. Por el contrario, la reorganización de la estructura y las estrategias de contrata-

ción a favor de trabajadores jóvenes no tienen ningún impacto sobre la eficiencia de las pymes. La formación en TI a trabajadores incide de forma positiva sobre la eficiencia. Además, la contratación de trabajadores con educación universitaria incide positivamente sobre la eficiencia de la organización.

El análisis de los resultados de los modelos con términos de interacción permite matizar las afirmaciones anteriores. En relación a la primera hipótesis (Modelo 3), la interacción entre uso de ordenadores y formación en TI es positiva y estadísticamente significativa. Asimismo, la contribución es creciente a medida que el uso de ordenadores en la empresa es más intensivo. Los resultados indican de la misma forma que la formación en TI a los emplea-

CUADRO N.º 5

RESULTADOS DE LAS REGRESIONES

| | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 | Modelo 7 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ITLAB | 0,019 (***) | 0,015 | 0,014 (*) | 0,004 | 0,031 (***) | 0,019 (**) | 0,007 |
| LIC | 0,013 (*) | 0,035 (*) | 0,013 (*) | 0,038 (**) | 0,013 (*) | 0,013 (*) | 0,038 (**) |
| YOUNG | 0,002 | 0,028 (*) | 0,002 | 0,001 | 0,026 (*) | 0,002 | 0,001 |
| HARDITRAIN | 0,018 (*) | 0,065 (**) | 0,070 (*) | 0,018 | 0,018 (*) | 0,018 (*) | 0,018 (*) |
| ORGAN | 0,003 | 0,015 | 0,040 | 0,003 | 0,004 | 0,007 | 0,014 |
| TECNO | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) |
| ITLAB*ORGAN | | -0,010 | | | | -0,003 | -0,017 |
| ITLAB*HTRAIN | | 0,040 (*) | 0,045 (**) | | | | |
| ITLAB*YOUNG | | -0,026 (*) | | | -0,024 (*) | | |
| ITLAB*LIC | | 0,045 (***) | | 0,047 (***) | | | 0,046 (***) |
| ITLAB*LIC*ORGAN | | | | | | | 0,014 |
| C | 0,133 (***) | 0,073 (***) | 0,081 (***) | 0,079 (***) | 0,158 (***) | 0,136 (***) | 0,090 (**) |
| Log Verosimilitud | 872,51 | 880,50 | 874,56 | 877,17 | 874,08 | 872,53 | |

Notas:

(*) p < 0,1; (**) p < 0,05; (***) p < 0,01.

CUADRO N.º 6

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE INTERACCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS NIVELES DE ITLAB

| | Modelo 4a Rord = 1 | Modelo 4b Rord = 1+1D | Modelo 4c Rord = 1-D | Modelo 4d Rord = 0 | Modelo 5a Rord = 1 | Modelo 5b Rord = 0 | Modelo 3a Rord = 1 | Modelo 3b Rord = 0 |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ITLAB | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,031 (***) | 0,031 (***) | 0,014 (*) | 0,014 (*) |
| LIC | 0,009 | 0,032 (***) | -0,013 | -0,038 (**) | 0,013 (*) | 0,013 (*) | 0,013 (*) | 0,013 (*) |
| YOUNG | -0,001 | -0,001 | -0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,026 (*) | 0,002 | 0,002 |
| HARDITRAIN | 0,018 | 0,018 | 0,018 | -0,018 | 0,018 (*) | 0,018 (*) | 0,024 (**) | -0,070 (**) |
| ORGAN | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,040 |
| TECNO | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) | 0,009 (***) |
| ITLAB*ORGAN | | | | | | | | |
| ITLAB*HTRAIN | | | | | | | 0,045 (**) | 0,045 (**) |
| ITLAB*YOUNG | | | | | -0,024 (*) | -0,024 (*) | | |
| ITLAB*LIC | 0,047 (***) | 0,047 (***) | 0,047 (***) | 0,047 (***) | | | | |
| ITLAB*LIC*ORGAN .. | | | | | | | | |
| C | 0,131 (***) | 0,133 (***) | 0,128 (***) | 0,126 (***) | 0,132 (***) | 0,101 (***) | 0,132 | 0,117 (***) |
| Log Verosimilitud ... | 877,17 | 877,17 | 877,17 | 877,17 | 874,08 | 874,08 | 874,56 | 874,56 |

Notas:

(*) p < 0,1; (**) p < 0,05; (***) p < 0,01.

dos no contribuye a la mejora de la eficiencia de las empresas que no hacen un uso de las TI. El resultado del modelo confirma la primera hipótesis por la que la disponibilidad de capacidades TI incide de forma positiva sobre la eficiencia de las empresas.

El análisis de los resultados del Modelo 4 ofrece información sobre la segunda hipótesis. El Modelo 4b (ver cuadro n.º 6) indica que en las empresas que realizan un uso de las TI mayor que la media del sector, una mayor proporción de licenciados contribuye significativamente a la eficiencia de la empresa. El Modelo 4a indica que para niveles de uso de las TI similares a la media del sector no existen diferencias significativas entre la eficiencia de las empresas debido a la disponibilidad de licenciados. Finalmente, los Modelos 4c y 4d proporcionan datos que nos permiten afirmar que en las empresas con un uso de las TI menor a la media del sector, una mayor proporción de licenciados está asociada a una menor eficiencia. Este hecho se encuentra en línea con los estudios empíricos anteriores que detectan la existencia de un problema de sobrecualificación en las pymes españolas (Marzo-Navarro, 2007). En este sentido, nuestra segunda hipótesis queda validada solo en aquellos casos en los que las empresas hacen un uso de las TI igual o inferior a la media del sector. Sin embargo, para las empresas con un uso intensivo de las TI, la hipótesis quedaría rechazada validando tanto las hipótesis de la complementariedad como las tesis relacionadas con el cambio tecnológico sesgado.

El Modelo 5 analiza la relación entre la contratación de trabajadores jóvenes y la contribución de las TI a la eficiencia. Los resultados del análisis validan la tercera hipótesis planteada al observarse que en la mayoría de las empresas con una proporción de trabajadores jóvenes superior a la media del sector, la contribución del uso de las TI a la eficiencia es no significativa. La excepción se da en las empresas con niveles muy bajos de uso de las TI en las que una mayor proporción de jóvenes parece contribuir positivamente a la eficiencia.

Nuestro trabajo confirma que el nivel de uso de las TI modera la demanda de capacidades en las pymes españolas. En términos generales, se puede afirmar que si la pyme realiza un uso intensivo de las TI necesitará personal tanto con mayores capacidades TI como con mayores capacidades cognitivas. La formación en TI se revela como un mecanismo útil para mejorar la eficiencia de las pymes que han adoptado las TI, caracterizado además por rendimientos crecientes en tanto en cuanto a mayor intensidad de la formación en TI, mayor el retorno en términos de mejora de la eficiencia. Estos resultados parecen matizar los trabajos empíricos anteriores realizados sobre muestras de grandes empresas y reflejan la estructura de la muestra, que cuenta con fuerte presencia de las microempresas, ya que la mitad de las empresas de la muestra tienen menos de cinco empleados. En empresas con niveles de uso de las TI similares o inferiores a la media del sector, la contratación de trabajadores con titulación universitaria o de menor edad no contribuirá de

forma positiva a la eficiencia. La formación en TI se externaliza fácilmente y es la práctica más sencilla de las planteadas en este trabajo. Este argumento se confirma por los datos de la muestra, en la que casi 900 de las 1.400 empresas que proporcionaron formación en TI a sus empleados durante el año anterior recurrieron a servicios de formación externa. El resto de las prácticas organizativas, como el cambio de las políticas de contratación para favorecer a licenciados o a jóvenes o el cambio de la estructura organizativa, tienen una aplicación más compleja o mayores costes de externalizar y, por lo tanto, son más difíciles de adoptar en las pequeñas y medianas empresas. Por ejemplo, en nuestra muestra, menos del 20 por 100 de las empresas ajustaron la estructura organizativa a la nueva tecnología. Esto también explica los coeficientes significativos y positivos de formación en TI, y cómo la formación es una manera de que la empresa puede mejorar las habilidades de los trabajadores de la empresa, sin sufrir los costes de ajuste de la contratación de nuevos trabajadores.

V. CONCLUSIONES

A pesar de la importancia de las pequeñas empresas para la economía de la mayoría de los países, las pymes son tratadas como *ciudadanos de segunda clase* por los autores en la literatura de gestión (Tansky y Heneman, 2003). Esto ha provocado que, en muchas ocasiones, estas empresas no cuenten con trabajos que sirvan de guía a la hora de ajustar su gestión a los nuevos modelos de gestión y, por lo tanto, se dediquen a adoptar las prácticas de gestión que aparecen en la literatura que mayoritariamente se han definido a partir de la observación científica de la realidad de las grandes empresas. La adopción de las TI no ha sido una excepción a esta situación, y la mayoría de las prácticas organizativas y de gestión relacionadas con este fenómeno han sido definidas a partir de la observación de la relación entre organización y TI en las grandes empresas. En este trabajo hemos explorado cómo las pymes pueden mejorar el impacto de las TI sobre su eficiencia a través del desarrollo de habilidades en TI y habilidades cognitivas en la organización. En el caso de las grandes empresas, ambos conjuntos de habilidades han sido considerados por parte de la literatura como necesarios para la mejora de la eficiencia en organizaciones que adoptan TI. Los resultados de este trabajo confirman en el caso de las pymes la importancia de desarrollar habilidades en TI y habilidades cognitivas para maximizar el retorno en términos de eficiencia de la adopción de las TI

pero solo en las empresas que hacen un uso intensivo de esta tecnología. Sin embargo, los resultados plantean dudas sobre la conveniencia de desarrollar estas habilidades en empresas con un menor uso de las TI. Este resultado es muy relevante, desde el punto de vista teórico, porque plantea dudas sobre las condiciones de los artículos que defienden la necesidad del cambio sesgado por las habilidades (*skill based technological change*). En este sentido, los resultados del presente artículo aún van más allá, ya que detecta el problema de la sobrecualificación en las pymes con menor uso de las TI que no haría sino empeorar si las empresas siguieran los argumentos de la literatura sobre cambio sesgado por las habilidades y optaran por aumentar la proporción de trabajadores con altos niveles de educación en sus plantillas.

Nuestra investigación confirma los hallazgos de estudios previos sobre la productividad, ya que la formación tiene un impacto positivo en la productividad, mientras que también es compatible con los anteriores trabajos empíricos sobre las prácticas de formación en las pymes lo que sugiere que el entrenamiento en habilidades específicas es más eficaz que las competencias genéricas. Nuestra investigación se suma a la literatura anterior, que muestra que la edad no está relacionada con la productividad, mediante la confirmación de esta relación, incluso cuando está mediada por la adopción de TI en la empresa. Además, nuestro trabajo se alinea con la literatura anterior que plantea dudas respecto al impacto real sobre la eficiencia de la empresa de políticas de contratación que favorezcan a trabajadores jóvenes. Solo en el caso de empresas tecnológicamente muy sencillas la contratación de jóvenes contribuye a una mayor eficiencia, posiblemente debido a que en sectores en los que la cualificación necesaria de la mano de obra es escasa las empresas se ahorran pagar el plus salarial relacionado con la mayor experiencia de los trabajadores de más edad y no se ven perjudicados por una fuerte penalización en la productividad por la menor experiencia. En definitiva, en el presente trabajo se confirma esta afirmación en el caso en el que la política de contratación de jóvenes se realice en un escenario de adopción de nuevas tecnologías.

Desde el punto de vista de la gestión empresarial de las pymes, este trabajo no plantea dudas sobre la adopción de TI, que según los resultados obtenidos aporta efectos positivos sobre la eficiencia de las pymes, pero sí sobre los ajustes que la organización debe realizar para adaptarse a las nuevas tecnologías. Las implicaciones de los resultados obte-

nidos para la gestión de pymes sugieren la adopción de un enfoque más conservador a la hora de adaptar la organización a las nuevas tecnologías, dejando de lado ajustes de la estructura organizativa o en la política de formación y contratación si la empresa no realiza un uso intensivo de las TI. Finalmente, los resultados confirman que en el caso de las pymes españolas se debe realizar un mejor ajuste entre el nivel de formación del trabajador y las necesidades del puesto de trabajo. En general, nuestra investigación aporta evidencia inicial sobre que algunas de *las recetas de gestión* para las grandes empresas no pueden ser siempre aplicadas a las pymes. Según nuestro estudio, las pymes que trataron de extrapolar y emular el comportamiento de las grandes empresas en términos de ajustes en la organización ante la adopción de TI no necesariamente obtuvieron la prima de eficiencia esperada si no realizaron un uso intensivo de las TI.

En términos de las implicaciones para la definición de políticas económicas, los resultados obtenidos parecen aportar cierto sustento a la necesidad de plantear políticas que refuercen el uso de las TI en las pymes. Además, los resultados matizan la eficacia de las iniciativas públicas destinadas a promocionar actividades de formación dedicada al desarrollo de habilidades informáticas de los empleados de las pymes, ya que previsiblemente tendrán los resultados esperados sólo en las empresas con mayor uso de las TI. Además, desde el punto de vista de la política educativa, como ya se ha defendido por Piva *et al.* (2005), nuestra investigación revela que los gobiernos deben tener cuidado a la hora de afrontar la no coincidencia entre la oferta del sistema educativo y la demanda de habilidades específicas por parte de las pymes, ya que aparentemente se está dando un problema de exceso de oferta de trabajadores con niveles de educación altos para pymes poco intensivas en TI. En este sentido, las recientes iniciativas relacionadas con el Espacio Europeo de Educación Superior constituye un avance al modificar el enfoque de la planificación de la formación pasándose de un enfoque basado en conocimientos a un nuevo enfoque basado en el desarrollo de habilidades.

Este estudio presenta algunas limitaciones que recomiendan cierta cautela a la hora de interpretar los resultados. En primer lugar, al utilizarse datos secundarios se ha trabajado con mediciones de algunas de las variables bastante restrictivas en su definición debido a la escasez de información más detallada sobre las prácticas de cambio de la estructura, de las habilidades de los trabajadores, los

cambios organizativos y la adopción de tecnologías de la información a lo largo del tiempo. Especialmente relevante es la escasa información disponible sobre cambios organizativos. En segundo lugar, no es posible construir un panel, por lo que el análisis de sección cruzada no nos permite medir los efectos retardados de la gestión empresarial, de la adopción de TI o incluso definir de forma óptima algunas variables. Por ejemplo, no tenemos datos concretos sobre las prácticas de contratación o despido, por lo que tenemos que inferir las políticas de contratación a partir de los datos sobre el *stock* de empleados. Además, los efectos de la adopción de las TI sobre la eficiencia suelen dilatarse en el tiempo, por lo que con los datos disponibles no se ha podido recoger este efecto. Finalmente, asumimos que nuestros resultados están sesgados por la naturaleza específica de la economía española. En economías distintas sería posible encontrar diferentes resultados: por ejemplo, el problema de sobrecualificación puede estar sesgando a la baja de la relación entre eficiencia, adopción de TI y los niveles de formación de los empleados. A pesar de estas limitaciones, a nuestro entender esta investigación plantea interesantes retos futuros a gestores y estudiosos en relación a la optimización de la relación de complementariedad entre tecnología y organización.

NOTA

* Esta investigación ha sido posible gracias a la financiación destinada al proyecto ECO 2010-19787 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN, P., y PETERSEN, N. C. (1993), «A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis», *Management Science*, 39(10): 1261-1265.
- ARMSTRONG, C. P., y SAMBAMURTHY, V. (1999), «Information Technology Assimilation in Firms: The Influence of Senior Leadership and IT Infrastructures», *Information Systems Research*, 10: 304-327.
- AUBERT, P.; CAROLI, E., y MURIEL, R. (2006), «New Technologies, Organization and Age: Firm-Level Evidence», *The Economic Journal*, 116: F73-F93.
- AUTOR, D.; LEVY, F., y MURNANE, R. (2000), «Upstairs-Downstairs: Complementarity and Computer-Labor Substitution on Two Floors of a Large Bank», *NBER Working Paper No. 7890*.
- (2003), «The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration», *Quarterly Journal of Economics*, 118(4): 1279-1333.
- BADIN, L.; DARAIO, C., y SIMAR, L. (2011), *How to measure environmental factors in a non parametric production model*, Discussion Paper 2011/19, Institut de Biostatistique et Sciences Actuarielles (ISBA), Université Catholique de Lovain.

- BALDWIN, J. R., y SABOURIN, D. (2002), «Advanced technology use and firm performance in Canadian manufacturing in the 1990s», *Industrial and Corporate Change*, 11: 761-789.
- BALDWIN, J. R.; SABOURIN, D., y D. SMITH (2003), «Impact of advanced technology use on firm performance in the Canadian food processing sector», *Economic Analysis Research Paper Series*, 12.
- BANKER, R., y CHANG, H. (2006), «The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units», *European Journal of Operations Research*, 175(2): 1311-1320.
- BARTEL, A.; ICHNIOWSKI, C., y SHAW, K. (2007), «How Does Information Technology Affect Productivity? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills», *Quarterly Journal of Economics*, 122: 1721-1758.
- BASSELLIER, G.; REICH, B. H., y BENBASAT, I. (2001), «Information Technology Competence of Business Managers: A Definition and Research Model», *Journal of Management Information Systems*, 17: 159-182.
- BERTSCHEK, I., y KAISER, U. (2004), «Productivity Effects of Organizational Change», *Management Science*, 50: 394-404.
- BHARADWAJ, A. S. (2000), «A Resource-Based Perspective on Information Technology Capability and Firm Performance: An Empirical Investigation», *MIS Quarterly*, 24: 169-196.
- BLACK, S. E., y LYNCH, L. M. (2001), «How to compete: the impact of workplace practices and information technology on productivity», *Review of Economics and Statistics*, 83: 434-445.
- BORGHANS, L., y TER WEEL, B. (2001), «Computers, skills and wages», *Applied Economics*, 43: 4607-4622.
- BRESNAHAN, T. F. (1999), «Computerisation and wage dispersion: An analytical reinterpretation», *Economic Journal, Royal Economic Society*, 109(456): F390-415.
- BRESNAHAN, T. F.; BRYNJOLFSSON, E., e HITT, L. M. (2002), «Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: firm-level evidence», *Quarterly Journal of Economics*, 117: 339-376.
- BRYNJOLFSSON, E., e HITT, L. (1996), «Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending», *Management Science*, 42(4): 541-558.
- (1998), «Beyond the productivity paradox», *Communications of the ACM*, 41: 49-55.
- (2000), «Beyond computation: information technology, organization transformation and business performance», *Journal of Economic Perspectives*, 14: 23-48.
- CARISON, D.; UPTON, N., y SEAMAN, P. (2006), «The impact of Human Resources practices and compensation design performance. An analysis of family owned SMEs», *Journal of Small Business Management*, 44: 531-543.
- CAROLI, E., y VAN REENEN, J. (2001), «Skill-Biased Organizational Change? Evidence from a Panel of British and French Establishments», *Quarterly Journal of Economics*, 116: 1449-1492.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M., y TONE, K. (2007), *Data Envelopment Analysis*, Nueva York, Springer.
- DEDRICK, J.; GURBAXANI, V., y KRAEMER, K. L. (2003), «Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence», *ACM Computing Surveys*, 35: 1-28.
- DEVARAJ, S., y KOHLI, R. (2003), «Performance impacts of information technology: Is actual usage the missing link?», *Management Science*, 49(3): 273-289.
- DINARDO, J. E., y PISCHKE, J. S. (1997), «The Returns to computer use revisited: have pencils changed the wage structure too?», *Quarterly Journal of Economics*, 112: 291-303.
- FRANCALANCI, C., y GALAL, H. (1998), «Information Technology and Worker Compensation: Determinants of Productivity in the Life Insurance Industry», *MIS Quarterly*, 22(2): 227-241.
- FORTH, J., y MASON, G. (2006), «Do ICT Skill Shortages Hamper Firms' Performance?», *National Institute of Economic and Social Research, Discussion Paper*, 281.
- GALANAKI, E.; BOURANTAS, D., y PAPAEXANDRIS, N. (2008), «A decision model for outsourcing training functions: distinguishing between generic and firm-job-specific training content», *The International Journal of Human Resource Management*, 19: 2332-2351.
- GARGALLO-CASTELL, A., y GALVE-GÓRRIZ, C. (2007), «Information Technology, Complementarities and Three Measures of Organizational Performance: Empirical Evidence from Spain», *Journal of Information Technology Impact*, 7(1): 43-58.
- GARICANO, L., y ROSSI-HANSBERG, E. (2006), «Organization and inequality in a knowledge economy», *Quarterly Journal of Economics*, 121: 1383-1435.
- GERA, S., y GU, W. (2004), «The Effect of Organizational Innovation and Information and Communications Technology on Firm Performance», *International Productivity Monitor*, 9: 37-51.
- GIURI, P.; TORRISI, S., y ZINOVYEVA, N. (2008), «ICT, skills, and organizational change: evidence from Italian manufacturing firms», *Industrial and Corporate Change*, 17: 29-64.
- HEMPELL, T. (2003), «Do computers call for training?: Firm-level evidence on complementarities between ICT and human capital investments», *ZEW Discussion Papers* 03-20.
- HENEMAN, R. L. (2000), «Human resource management practices in small and medium-sized enterprises: Unanswered questions and future research perspectives», *Entrepreneurship: Theory y Practice*, 25: 11-27.
- HOFF, A. (2007), «Second Stage DEA: Comparison of Approaches for Modelling the DEA Score», *European Journal of Operational Research*, 181: 425-435.
- HORNBY, J. S., y KURATKO, D. F. (1990), «Human resource management in small business: Critical issues for the 1990's», *Journal of Small Business Management*, 28: 9-18.
- KANAMORI, T., y MOTOHASHI, K. (2006), «Centralization or decentralization of decision rights? Impact on IT performance of firms», *RIETI Discussion papers* 06032.
- KORUPP, S. E., y SZYDLIK, M. (2005), «Causes and trends of the Digital Divide», *European Sociological Review*, 21: 409-422.
- LEVY, M.; POWELL, P., y YETTON, P. (2001), «SMEs: Aligning IS and the Strategic Context», *Journal of Information Technology*, 16: 133-144.
- LIPPERT, S. K., y FORMAN, H. (2005), «Utilization of information technology: examining cognitive and experiential factors of post-adoption behaviour», *IEEE Transactions of Engineering Management*, 52: 363-381.
- LÓPEZ-SÁNCHEZ, J. I.; MINGUELA-RATA, B.; RODRÍGUEZ-DUARTE, A., y SANDULLI, F. D. (2006), «Is the Internet productive? A firm-level analysis», *Technovation*, 26: 821-826.
- MARZO-NAVARRO, M. (2007), «The educational gap in higher education: the Spanish case», *Journal of Education and Work*, 20: 123-137.

MATA, F. J.; FUERST, W. L., y BARNEY, J. B. (1995), «Information technology and sustained competitive advantage: A resource-based analysis», *MIS Quarterly*, 19(4): 487-505.

MILGROM, P., y ROBERTS, J. (1990), «The economics of modern manufacturing», *American Economic Review*, 80: 511-528.

MUNRO, M. M.; HUFF, S. D.; MARCOLIN, B. L., y COMPEAU, D. R. (1997), «Understanding and measuring user competence», *Information & Management*, 33: 45-57.

OHNEMUS, J. (2007), «Does IT Outsourcing Increase Firm Success? An Empirical Assessment using Firm-Level Data», *ZEW Discussion Papers 07-087*, Center for European Economic Research.

OLINER, S. D., y SICHEL, D. E. (2000) «The resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story?», *Journal of Economics Perspectives*, 14: 3-22.

PINSONNEAULT, A., y KRAEMER, K. L. (2002) «Exploring the Role of Information Technology in Organizational Downsizing: A Tale of Two American Cities», *Organization Science*, 13: 191-208.

PIVA, M.; SANTARELLI, E., y VIVARELLI, M. (2005), «The skill bias effect of technological and organisational change: evidence and policy implications», *Research Policy*, 34: 141-157.

SÁNCHEZ-MANGAS, R. (2007), «La productividad en la sociedad de la información: Impacto de las nuevas formas de organización del

trabajo», D.T. 2007-33, Serie Innovación CÁTEDRA Fedea-Banco Sabadell.

SOLOW, R. (1987), «We'd better match out», *New York Times Book Review*, 12 (julio): 36.

SUBRAMONY, M. (2009), «A meta-analytic investigation of the relationship between HRM bundles and firm performance», *Human Resource Management*, 48: 745-768.

TANSKY, J., y HENEMAN, R. (2003), «Guest Editor's Note: Introduction to the special issue on Human Resource Management in SMEs: A call for more research», *Human Resource Management*, 42: 299-302.

TORRENT-SELLENS, J., y FICAPAL-CUSÍ, P. (2010), «TIC, co-innovación y productividad empresarial: evidencia empírica para Cataluña y comparación internacional de resultados», *Revista de Economía Mundial*, 26: 203-233.

TSANG, M. C. (1987), «The impact of underutilization of education on productivity: A case study of the U.S. Bell companies», *Economics of Education Review*, 6: 239-254.

ZAMMUTO, R. F., y O'CONNOR, E. J. (1992), «Gaining advanced manufacturing technology's benefits: The roles of organization design and culture», *Academy of Management Review*, 17: 701-728.

ZOGHI, C., y PABILONIA, S. W. (2005), «Who gains from computer use?», *Perspectives, Statistics Canada*, 75: 5-12.