

Factores explicativos de la eficiencia en relación con el tamaño empresarial en el sector manufacturero español*

Recibido: 13 de junio de 2015 - Aceptado: 14 de septiembre de 2015

Doi: dx.doi.org/10.12804/rev.econ.rosario.18.01.2015.02

Justo de Jorge Moreno[†]

Facultad de Economía, Dirección de Empresas y Turismo, Universidad de Alcalá, España

Oscar Rojas Carrasco[‡]

Escuela de Auditoría e Ingeniería en Control de Gestión, Universidad de Talca, Chile

Javier Díaz Castro[§]

Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia

Resumen

Este trabajo analiza la eficiencia técnica y sus factores explicativos en función del tamaño empresarial, en un panel de datos durante el periodo 2000-2010 en 26 sectores industriales españoles, a tres dígitos de la CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas).

* Los autores agradecen los comentarios y sugerencias realizadas por los evaluadores anónimos que han mejorado el trabajo. Cualquier error es responsabilidad de los autores de este trabajo.

[†] Facultad de Economía, Dirección de Empresas y Turismo, Universidad de Alcalá. Plaza de la Victoria, 2 28802 Alcalá de Henares, Madrid, España. Teléfono:+34918854294 - Fax: +34918854294. Correo electrónico: justo.dejorge@uah.es

[‡] Escuela de Auditoría e Ingeniería en control de gestión, Universidad de Talca. Avda. Lircay s.n., Talca, Chile. Correo electrónico: osrojasc@cutalca.cl

[§] Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta (Colombia). Km 12, Vía López, Villavicencio. Correo electrónico: econometristajd@gmail.com

Para citar este artículo: Jorge, M. J. de, Rojas, C. O., & Díaz, C. J. (2015). Factores explicativos de la eficiencia en relación al tamaño empresarial en el sector manufacturero español. *Revista de Economía del Rosario*, 18(1), 61-91. doi: dx.doi.org/10.12804/rev.econ.rosario.18.01.2015.02

Los resultados alcanzados por medio del modelo de frontera estocástica revelan la existencia de dos fronteras de producción para empresas pequeñas y medianas (EPM) y empresas grandes (EG). Los factores explicativos de la eficiencia influyen en ambas fronteras de forma parcialmente diferente. Por un lado, la cualificación de los trabajadores se asocia con una relación positiva de la eficiencia independientemente del tamaño de la empresa y el sector de actividad. Por otro lado, la edad de la compañía tiene una influencia positiva/negativa o no significativa tanto en EPM como EG en función del sector de actividad. La intensidad de capital, en general, tiene una relación inversa con la eficiencia en las EPM o no significativa en las EG, principalmente. Finalmente, los niveles de eficiencia y sus patrones de comportamiento en el periodo de análisis presentan heterogeneidad intra e intersectorial.

Palabras clave: Eficiencia, tamaño, cualificación, intensidad de capital, métodos paramétricos.
Clasificación JEL: D24, G31, L11, M10

Explanatory Factors of Efficiency Regarding Firm Size in the Spanish Manufacturing Sector

Abstract

This study analyzes the technical efficiency and the explanatory factors depending on the company size in a panel data over the period 2000-2010 in 26 Spanish industrial sectors three digits of the CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas). The results achieved by the stochastic frontier model reveal the existence of two production frontiers for small and medium enterprises (SMES) and large companies (EG). The explanatory factors, efficiency, influencing both borders of a partially different. On the one hand, the skills of employees are associated with a positive efficiency regardless of the size of the firm and the sector. On the other hand, the age of the company has a positive / negative or no significant both EPM and EG based on the activity sector influence. Capital intensity generally is inversely related to efficiency in the EPM or no significant mainly in EG. Finally, efficiency levels and patterns of behavior in the period of analysis presented heterogeneity within and among sectors.

Keywords: Efficiency, size, qualification, intensity of capital, parametric method.
JEL Classification: D24, G31, L11, M10

Fatores explicativos da eficiência em relação ao tamanho empresarial no setor manufatureiro espanhol

Resumo

Este trabalho analisa a eficiência técnica e seus fatores explicativos em função do tamanho empresarial no painel de dados ao longo do período 2000-2010 em 26 setores industriais espanhóis a três dígitos da CNAE (Classificação Nacional de Atividades Económicas). Os resultados alcançados por meio do modelo de fronteira estocástica revelam a existência de dois fronteiras de produção para empresas pequenas e médias (EPM), e empresas grandes (EG). Os fatores explicativos, da eficiência, influem em ambas as fronteiras de forma parcialmente diferente. Por um lado, a qualificação dos trabalhadores associa-se com uma relação positiva da eficiência com independência do tamanho da empresa e o setor de atividade. Por outro lado, a idade da empresa tem uma influência positiva/negativa ou não significativa tanto em EPM como EG em função do setor de atividade. A intensidade de capital em geral, tem

uma relação inversa com a eficiência nas EPM ou não significativa nas EG principalmente. Finalmente, os níveis de eficiência e seus padrões de comportamento no período de análise apresentam heterogeneidade intra-setorial e intersetorial.

Palavras-chave: Eficiência, tamanho, qualificação, intensidade de capital, métodos paramétricos.
Classificação JEL: D24, G31, L11, M10

Introducción

En general, se asocia el concepto de competitividad empresarial con la presencia de mayores niveles de eficiencia de las empresas, entre otros factores. Gracias a la masiva e importante proliferación de información relativa al proceso de producción dentro de los estudios de economía en las últimas dos décadas, investigadores en muchos campos han aprendido acerca de cómo las empresas convierten los insumos en productos. La productividad, la eficiencia con la que se produce esta conversión, ha sido una tema de particular interés (Syverson, 2011). En el ámbito microeconómico, referido a datos de nivel empresarial, algunos trabajos recientes, como Syverson (2011), relacionado con los factores que determinan las diferencias de productividad; Mohnen y Hall (2013), relativo a la relación entre productividad e innovación; o Charoenrat y Harvie (2014), relacionado con la eficiencia y sus factores determinantes, realizan una amplia revisión de estudios.

En este contexto, ha sido posible estudiar, entre otros aspectos, los diferentes factores que influyen al analizar las empresas por diferentes grupos de tamaños. Antonelli, et al. (2015) mencionan que la literatura puntualiza en el hecho de que existe un alto grado de dispersión y persistencia en la productividad en las empresas. También, indican que, entre las características específicas de las empresas que son capaces de afectar el crecimiento de la productividad de los trabajadores, especial atención se ha dedicado a evaluar el impacto del capital humano, la calidad de las prácticas de gestión en diferentes medidas de la productividad y el desempeño de la empresa. Todos estos factores están relacionados con el nivel de recursos tangibles e intangibles que poseen aquellas. Las diferencias de dotación de recursos entre empresas pequeñas y medianas (EPM) y empresas grandes (EG) en relación con sus niveles de eficiencia no es un tema nuevo, pero sigue teniendo un importante reconocimiento en la literatura, tal como lo demuestra la recopilación y evaluación de los trabajos de los autores anteriormente mencionados.

El análisis de la eficiencia no ha sido un tema excesivamente abordado por la literatura en España. Algunos autores, como Huergo y Moreno (2005), indican que, aunque se aprecia un cierto crecimiento en los últimos años, la

tardía aparición de bases de datos accesibles a nivel desagregado ha sido un obstáculo importante. Otros, como Gumbau-Albert y Maudos (1998), Martín-Marcos y Suárez (2000), Gumbau-Albert y Maudos (2002), Fariñas y Martín-Marcos (2003), Díaz y Sánchez (2008), De Jorge-Moreno y Suárez (2011), Gómez-Rivera (2014), entre otros, analizan la eficiencia técnica en el sector manufacturero español, utilizando fronteras de producción estocásticas. En el ámbito internacional, se encuentran Pitt y Lee (1981), Taymaz y Saatci (1997), Lundvall y Battese (2000), Lieberman y Dhawan (2005), Yang y Chen (2009), De Jorge-Moreno, et al. (2011), Schiersch (2013), Laborda, et al. (2014) o Charoenrat y Harvie (2014), entre otros.

Este trabajo centra su objetivo en los factores explicativos de la eficiencia técnica en función del tamaño empresarial en un panel de datos incompletos a lo largo del periodo 2000-2010 en 26 sectores industriales españoles a tres dígitos CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Españolas). En particular, se consideran las siguientes hipótesis: (a) las EG y EPM operan bajo diferentes fronteras de producción; y (b) los factores explicativos de la eficiencia difieren en relación con sus respectivas fronteras. Estas hipótesis podrían verse respaldadas por el hecho de que, como menciona la literatura, existe mayor presencia de tecnologías intensivas en mano de obra en las EPM y mayor flexibilidad en la gestión y en los tiempos de respuesta a los cambios del mercado, frente a la mayor presencia de tecnologías de capital en las EG y de economías de escala, así como mayor poder de mercado, lo que podría sugerir diferentes fronteras de producción en función del tamaño.

Este estudio se organiza de la siguiente forma: en el primer apartado se presentan la base de datos y las variables utilizadas; en el segundo, se aborda la metodología empleada en el análisis de la eficiencia y sus factores determinantes; en el tercero, se presentan los resultados; y, finalmente, el apartado cuarto recoge las principales conclusiones.

1. Datos y variables utilizadas

El tejido empresarial español está caracterizado por empresas pequeñas, en términos internacionales, que operan en mercados con bajas tasas de compañías entrantes y salientes (García-Posada & Mora-Sanguinetti, 2015). En este sentido, Núñez (2004) y López-García y Sánchez (2010) encuentran que el tamaño medio de las empresas españolas es inferior al de algunas ciudades europeas y de EE. UU. Así mismo, López-García y Mora-Sanguinetti (2014) encuentran que la tasa, tanto de empresas entrantes como salientes, en España, son menores que la media europea. El estudio de estos factores es relevante en la definición

del tejido empresarial de un país, como así lo demuestran numerosos estudios en los que se comprueba una relación positiva entre el tamaño de las empresas, la dinámica sectorial o la innovación y la productividad.

En enero de 2011, en España existían 3250576 compañías, según el Directorio Central de Empresas (DIRCE). Actualmente, en la estructura productiva predominan las compañías sin asalariados (autónomos, etc.), que conforman el 55,2%. En cuanto a las empresas con asalariados, la estructura se conforma de 1 a 2 empleados (26,1%), de 3 a 5 empleados (9,6%), de 6 a 9 empleados (4,3%), de 10 a 19 empleados y 20 o más empleados (2,2%). Las empresas grandes se localizan en el sector industrial, donde un 7,9% del total emplea a 20 o más trabajadores. España ocupa el séptimo lugar de mayor número de microempresas, con un 93,1%, según Eurostat. El peso del sector industrial se redujo de forma paulatina, representando el 7,3% de empresas activas en 2007, año de inicio de la crisis económica, y el 6,8%, en 2011. El sector manufacturero y el de energía suponen el 14,8% del PIB, en 2010.

El análisis empírico, llevado a cabo en este trabajo, utiliza la información de la base de datos SABI (Sistema de Análisis y Balances Ibéricos); esta recoge los datos de más de 180000 empresas inscritas en el Registro Mercantil Oficial, mediante los balances, cuentas de resultados y otra información relevante que las compañías registran anualmente, conforme a la legislación española. Los datos refieren a todos los sectores de actividad y son estadísticamente representativos de las 17 regiones. La base de datos ha sido elaborada con 60169 observaciones. La tabla 1 muestra la estadística descriptiva de la muestra utilizada por sectores y los valores medios del tamaño, en términos del número de empleados. Los lugares con los que se ha podido trabajar fueron 26, siguiendo la clasificación CNAE-2009 a tres dígitos durante el periodo 2000-2010. Se ha restringido la muestra a compañías que cuenten con más de tres empleados, como consecuencia de la información incorrecta, en el grupo de empresas con menos trabajadores, tal y como lo indican Coad, et al. (2012). Así mismo, han sido eliminadas de la muestra aquellas empresas no activas, sin código de actividad, ausencia de información necesaria, incongruencia en los datos y compañías con valores atípicos.

Tabla 1. Estadística descriptiva del tamaño por sectores

Denominación sectores	Nº Obs.	Media	DE	Mín.	Máx.
152 Fabricación de calzado	1929	19,40	18,00	3	186
161 Aserrado y cepillado de la madera	1070	11,47	11,47	3	43
172 Fabricación de artículos de papel y cartón	974	19,42	17,52	3	95
181 Artes gráficas y servicios relacionados	7932	12,91	16,87	3	978

Continúa

Denominación sectores	Nº Obs.	Media	DE	Mín.	Máx.
201 Fabricación de productos químicos básicos	670	15,94	86,36	3	2234
203 Fabricación de pinturas	642	14,00	12,11	3	77
204 Fabricación de jabones	733	15,81	25,40	3	343
221 Fabricación de productos de caucho	644	12,97	9,051	3	67
222 Fabricación de productos de plástico	3154	16,12	17,20	3	211
231 Fabricación de vidrio y productos de vidrio	776	16,22	15,42	3	157
233 Fabricación de productos cerámicos para la construcción	612	25,38	21,83	3	125
236 Fabricación de elementos de hormigón, cemento y yeso	2833	18,46	17,49	3	194
237 Corte, tallado y acabado de la piedra	2337	12,01	9,37	3	73
241 Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferr.	826	13,15	13,92	3	135
245 Fundición de metales	689	15,29	12,92	3	99
251 Fabricación de elementos metálicos para la construcción	12098	14,80	21,29	3	1359
255 Forja, estampación y embutición de metales; metalurgia	1185	15,89	12,41	3	87
257 Fabricación de artículos de cuchillería y cubertería	1229	13,31	9,99	3	63
259 Fabricación de otros productos metálicos	3691	13,90	16,94	3	726
282 Fabricación de otra maquinaria de uso general	1739	14,56	9,69	3	88
284 Fabricación de máquinas herramienta para trabajar el metal	557	14,30	12,00	3	133
289 Fabricación de otra maquinaria para usos específicos	2132	14,08	11,41	3	100
293 Fabricación de componentes	757	13,20	9,22	3	76
310 Fabricación de muebles	6262	14,59	16,34	3	315
329 Industrias manufactureras n.c.o.p.	853	12,83	10,47	3	94
331 Reparación de productos metálicos, maquinaria y equipo	3845	13,78	18,77	3	297

Fuente: elaboración propia.

Las variables utilizadas en el análisis empírico para definir la frontera fueron:

- Producto: se utiliza el importe neto de facturación de cada empresa;
- Empleo: se utiliza el número de ocupados, ya que no existe en SABI otra información disponible;
- Capital: se utiliza el valor de inventario de activos fijos, excluyendo terrenos y edificios;
- Consumos intermedios o materiales.

Las últimas tres se consideran insumos. Todas las variables han sido deflactadas mediante el índice de precios del Instituto Nacional de Estadística Español (INE), utilizando el deflactor más próximo al sector de actividad.

En relación con la elección de las variables explicativas de la eficiencia, recientemente autores como Charoenrat y Harvie (2014) mencionan que la elección de estas depende del objetivo del estudio, del criterio del investigador y de la disponibilidad de los datos. En este caso, además de la consideración del objetivo planteado, se ha procedido a realizar un análisis de la literatura. En la tabla 2 puede apreciarse un resumen del estudio realizado.

Tabla 2. Factores explicativos de la eficiencia en empresas pequeñas, medianas y grandes

Autor/año	País	Periodo	Metodología	Tamaño	Localización	Edad	Cualificación	Subvención	Propiedad	Internacional	Caract. del Mdo	RD, Innovación	Otras
Taymaz y Saatci (1997)	Turquía	1987-1992	SFA	V	V		V		V	V		V	V
Gumbau-Albert y Naudos (2002)	España	1991-1994	SFA	V	V			V		V	V	V	
Li y Hu (2002)	Taiwán-China	1989-1996	SFA	V				V		V	V	V	V
Batra y Tan (2003)	Asia-Latam	1992	SFA		V	V	V		V	V		V	V
Álvarez y Crespi (2003)	Chile	1996	DEA	V			V			V		V	V
Söderbom y Teal (2004)	África	1991-1997	SFA	V	V	V	V		V				
Leberman y Dhawan (2005)	USA-Japón	1964-1997	SFA		V		V						V
Taymaz (2005)	Turquía	1987-1997	SFA	V	V		V		V	V	V	V	
Yang (2006)	Corea	1999-2002	DEA	V									
Díaz y Sánchez (2008)	España	1995-2001	SFA	V			V		V		V		
Yang y Chen (2009)	Taiwán	2001	SFA	V		V				V	V	V	
Badunenko (2010)	Alemania	1992-2004	DEA	V									
De Jorge-Moreno, et al. (2011)	Latam	2006	DEA	V									
De Jorge-Moreno y Suarez (2011)	España	1993-2002	SFA					V					
Schiersch (2013)	Alemania	1995-2004	DEA	V	V				V				
Charoenrat y Harvie (2013)	Tailandia	2007	SFA	V	V	V	V	V	V				V

Continúa

Autor/año	País	Periodo	Metodología	Tamaño	Localización	Edad	Cualificación	Subvención	Propiedad	Internacional	Caract. del Médo	RD, Innovación	Otras
Laborda, et al. (2014)	Chile	2001-2003	SFA								V	V	
Charoenrat, et al. (2014)	Tailandia	1997-2007	SFA	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
De Jorge-Moreno y Rojas (2015)	España	2002-2009	SFA		V	V	V				V		

Fuente: Yang y Cheng (2009), Schiersch (2013), Charoenrat, et al. (2014) y elaboración propia.

El análisis comprende 19 trabajos realizados durante el periodo 1997-2015. Los países estudiados son muy diversos, centrados en el sector industrial, en un sector o en varios. La mayor parte de los trabajos se relacionan con panel de datos y técnicas paramétricas frente al corte transversal y a las técnicas no paramétricas. En primer lugar, la variable tamaño es la que con mayor frecuencia ha sido utilizada (73,7%); luego, la localización de la empresa y la cualificación de los trabajadores (52,6%); la tercera posición engloba a la propiedad (pública/privada), internacionalización, características de la industria (CI) como, por ejemplo, cuota de mercado, presencia de economías de escala, etcétera, o gastos de investigación y desarrollo, patentes, entre otros. Finalmente, la categoría otras, que engloba a la intensidad de capital, gastos de marketing, estrategias de fusión, grado de subcontratación, integración vertical, tecnologías de la información, finanzas y demás. En este trabajo se eligen como variables el tamaño, considerando diferentes fronteras de producción, de acuerdo con el objetivo planteado; la edad de la empresa; la cualificación de los trabajadores; y la intensidad de capital. En la siguiente sección se mencionan y explican las variables elegidas.

2. Metodología

Desde la perspectiva del *management*, la eficiencia técnica (*ET*), para el gerente, es entendida como una medida de la habilidad de la empresa para producir la mayor cantidad de producto posible, dados unos determinados niveles de insumos para una tecnología productiva específica, bajo unas determinadas condiciones del entorno, en términos de oportunidades en la actividad que desarrolla la empresa. En este sentido, la *ET* es un concepto relativo, con el cual es posible observar a cada empresa en su nivel de producción, comparando con la mejor práctica en la relación insumos-productos y la desviación individual

que pueda producirse en esta comparación sobre la frontera de producción $Y = F(K, L)$, donde Y denota el producto de la empresa y K, L los insumos capital y trabajo, respectivamente.

Entre las diferencias existentes en los enfoques paramétricos y no paramétricos se encuentran la forma en que se construye la función de producción y la estimación de la eficiencia. Mientras que en el enfoque paramétrico, es necesario especificar una forma funcional concreta que describa la tecnología (Cobb-Douglas, Translog, CES, etc.), en el enfoque no paramétrico este problema se minimiza. Sin embargo, estos métodos no tienen propiedades estadísticas y son sensibles a los valores atípicos. Además, cuando se utilizan dos etapas con estas técnicas (estimación de la eficiencia en la primera etapa y análisis de regresión en la segunda) existen problemas de sesgo que pueden producirse por una correlación de los índices de eficiencia inicialmente estimados. Aunque en los últimos años se ha producido un importante avance que reduce los problemas de la aplicación de las técnicas no paramétricas, este trabajo se decanta por las ventajas que ofrece la metodología de frontera estocástica.

En particular, la teoría de frontera estocástica está basada en la estimación de:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_n \ln(X_{n,i}) + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

Donde y_i es el producto de la unidad productiva, i y x son los vectores de los insumos, $x = x_1, \dots, x_n$, y β son vectores de parámetro desconocido a estimar. En este análisis, el término error se descompone en una variable v_{is} , distribuida como *iid* $v_{is} \sim N(0, \sigma_{vi}^2)$, la cual captura el ruido aleatorio, y una variable no negativa (u_{it}), distribuida como una semi-normal *iid* $u_{it} \sim N^+(0, \sigma_{ui}^2)$, la cual captura la medida de ineficiencia en la producción. Ambos términos son independientemente distribuidos con $\sigma_{uv} = 0$. Esta especificación se debe a Battese y Coelli (1993), propuesta por Aigner Lovell y Smith (1977) y Meesusen y Van der Broeck (1977).

En general, la eficiencia técnica, si se estima la ecuación (1) por máxima verosimilitud, puede reescribirse de la siguiente forma:

$$ET_{it} = \frac{E[\exp(y_i)/u_i, x_i]}{E[\exp(y_i)/u_i = 0, x_i]} = \exp(-u_i) \quad (2)$$

El modelo para el análisis de la eficiencia y sus factores determinantes para el conjunto de sectores de la industria en España durante el periodo 2000-2010 que se utiliza en este trabajo es el propuesto por Battese y Coelli (1995),

que permite la estimación de la eficiencia técnica de cada empresa como un factor que varía en el tiempo. Consideramos una función de producción de la siguiente forma:

$$Y_{it} = F(K_{it}, L_{it})ET(Z_{it}) \quad (3)$$

Donde Y_{it} denota el output de la empresa i en el periodo t , y K_{it} y L_{it} son el capital y el trabajo considerado como inputs. El *output* está determinado por el producto de $F(\bullet)$ y $ET(\bullet)$. Desde el punto de vista paramétrico, el modelo a estimar es de una sola etapa, siendo una extensión del modelo descrito en la ecuación (1); de forma que se pueda considerar:

$$Y_{it} = \exp(x_{it} \beta + v_{it} - u_{it}) \quad (4)$$

Donde Y_{it} denota la producción de la observación en t ($t=1, 2, \dots, T$); x_{it} es un vector ($k \times 1$) de valores desconocidos, función de los *inputs* y de otras variables explicativas asociadas con la empresa i en observación en t ; β es una matriz ($k \times 1$) de parámetros desconocidos a ser estimados, como fue comentado v_{it} distribuida como iid $v_{it} \sim N(0, \sigma_{vi}^2)$, el cual captura el ruido aleatorio, y una variable no negativa u_{it} distribuida como una semi-normal iid $u_{it} \sim N^+(0, \sigma_{ui}^2)$, la cual captura la medida de ineficiencia en la producción. Ambos términos son independientemente distribuidos, y consecuentemente $\sigma_{uv} = 0$, con media 0 y varianza σ^2 , Z_{it} es un vector ($1 \times m$) de variables explicativas asociadas con la ineficiencia técnica de la función de producción de las empresas sobre el tiempo, y δ es un vector ($m \times 1$) de coeficientes desconocidos.

La ecuación (3) especifica una frontera de producción estocástica en términos de los valores de producción originales. Consecuentemente, los efectos de la eficiencia técnica, a partir del término u_{it} , son asumidos como una función de variables explicativas, de la siguiente forma:

$$u_{it} = Z_{it} \delta + W_{it} \quad (5)$$

Donde W_{it} es una variable aleatoria definida por el truncamiento de la distribución con media 0 y varianza σ^2 , siendo el punto de truncamiento $-Z_{it} \delta$, $W_{it} \geq 0$. Finalmente, hay que considerar que el método de máxima verosimilitud propuesto estima, simultáneamente, los parámetros de la frontera estocástica y el modelo perteneciente a la estimación de la ineficiencia técnica. La función *likelihood* y sus derivadas parciales, respecto de los parámetros del modelo,

son los propuestos por Battese y Coelli (1995). *Likelihood* es una función de las variaciones de los parámetros $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2$ y $\gamma \equiv \frac{\sigma^2}{\sigma_s^2}$.

La eficiencia técnica (ET) de la empresa i en el año t se define como:

$$ET_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it} \delta - W_{it}) \quad (6)$$

Donde $0 \leq ET_{it} \leq 1$. Una empresa alcanza un nivel de ET igual a 1 cuando su nivel de ineficiencia sea igual a 0. En otro caso, los valores serán inferiores a la unidad. En relación con la forma funcional adoptada en este trabajo, se asume la de producción Cobb-Douglas. Los motivos para la elección de esta función de producción son dos. Por un lado, debido a su simplicidad y validez (Zellner, et al., 1966) y por su aceptación en la literatura. Y, por otro lado, debido al elevado grado de multicolinealidad que existe entre los regresores de la función translogarítmica, siendo este un problema inherente a la especificación translog. En este sentido, para una mayor profundidad relativa a los problemas de la modelización y la especificación de la forma de la frontera de producción véase Giannakas, Tran y Tzouvelekas (2003).

$$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln I_{it} + \beta_2 \ln C_{it} + \beta_3 \ln E_{it} + \beta_5 t_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (7)$$

$$u_{it} = \delta_0 + \delta_1 t + \delta_2 \text{Cualif} + \delta_3 \text{Edad} + \delta_4 \text{ITC} + \sum_1^{17} \delta_6 \text{region}(CA_{it}) + \delta_7 E + W_{it} \quad (8)$$

Donde:

- El subíndice i = denota la i -ésima empresa de la muestra $i=1, \dots, n$;
- Los β = parámetros desconocidos de la función de producción a estimar;
- Los δ = parámetros desconocidos de las variables explicativas en el término de ineficiencia.
- V = ventas de la empresa (producto);
- I, C, E = Inmovilizado material, Consumos intermedios y Empleo (insumos), respectivamente, como ya fue comentado.
- Edad = edad de la empresa, representativa de la experiencia y la reputación en el mercado (Taymaz & Saatci, 1997; Gumbau-Albert & Maudos, 2002; Li & Hu, 2002; Álvarez & Crespi, 2003; Söderbom & Teal, 2004; Taymaz, 2005; Yang, 2006; Díaz & Sánchez, 2008; Yang & Chen, 2009; Badunenko, 2010; De Jorge-Moreno, et al., 2011; Schiersch, 2013; Charoenrat & Harvie, 2013; Charoenrat, et al., 2014).

- *ITC* = Intensidad del capital (Inmov. Mat./empleo) representativa de los recursos disponibles en relación con la media del sector (Li & Hu, 2002; Díaz & Sánchez, 2008; De Jorge-Moreno & Rojas, 2015).
- *Cualif* = Cualificación (Gastos de personal/Empleo en relación con la media del sector) variable proxy del capital humano (Taymaz & Saatci, 1997; Bartra & Tan, 2003; Álvarez & Crespi, 2003; Söderbom & Teal, 2004; Leberman & Dharwan, 2005; Taymaz, 2005; Díaz & Sánchez, 2008; Charoenrat & Harvie, 2013; Charoenrat, et al., 2014; y De Jorge-Moreno & Rojas, 2015).
- *CA* = variable ficticia de Comunidad Autónoma (Taymaz & Saatci, 1997; Gumbau-Albert & Maudos, 2002; Bartra & Tan, 2003; Söderbom & Teal, 2004; Leberman & Dharwan, 2005; Taymaz, 2005; Schiersch, 2013; Charoenrat & Harvie, 2013; Charoenrat, et al., 2014; y De Jorge-Moreno & Rojas, 2015).

Un valor negativo y significativo del parámetro estimado δ , en cualquiera de las variables del término de ineficiencia, indicaría una disminución de esta y vice-versa. Con el objeto de conseguir la mejor especificación posible que se adapte a la estructura productiva, se realizaron una serie de comparaciones de hipótesis, así como la significación de los parámetros que definen la estructura del error compuesto del modelo. Para ello, se emplea el contraste de la razón de verosimilitud generalizado, lo que implica el cálculo del estadístico:

$$\lambda = -2 [\text{Ln}(H_0) - \text{Ln}(H_1)]$$

Donde $\text{Ln}(H_0)$ y $\text{Ln}(H_1)$ son los valores que toma la función de verosimilitud bajo la hipótesis nula y alternativa, respectivamente. El estadístico λ se distribuye asintóticamente como una X_p^2 con p (número de restricciones impuestas por la hipótesis nula) grados de libertad. Así mismo, se analizará la estructura del término de ineficiencia técnica, contrastando la hipótesis de si la participación de la ineficiencia en el error compuesto es adecuada ($\delta = 0$). En este sentido, si se acepta esta hipótesis, el término de ineficiencia u_i se podría eliminar del modelo de frontera estocástica, dando lugar a un modelo de función de producción media que asume que todas las empresas son completamente eficientes y que se puede estimar por mínimos cuadrados. Una vez evaluada la especificación que determina la frontera de producción, se calculan los índices de eficiencia para cada empresa mediante la ecuación (5).

Dado que el objetivo del trabajo se relaciona con los factores determinantes de la eficiencia en relación con el tamaño, se ha considerado la hipótesis de que las empresas operan bajo diferentes fronteras de producción en función de aquel. Para ello, considerando el valor de la media del tamaño en relación con el número de empleados por sector, se han estimado los LR test por sec-

ción y considerado la frontera global y las individuales (empresas pequeñas y grandes) para aceptar o rechazar esta hipótesis.

3. Resultados

En este apartado se analizan los factores determinantes de la eficiencia, de acuerdo con la metodología que ha sido presentada en el apartado 3. La tabla 3 recoge los resultados después de estimar el modelo de las ecuaciones (7) y (8). Se han realizado tres estimaciones por sector: una frontera de producción global para todas las empresas y dos para las fronteras de producción de las empresas grandes y pequeñas. Los resultados se presentan de forma resumida para ahorrar espacio. Los sectores omitidos presentan los mismos resultados, en términos de signos de los parámetros y significación estadística, que los sectores que recogen las tablas 3 y 4. Es decir, los resultados relativos al sector 152 (Fabricación de calzado) son los mismos que los relativos a los sectores 161, 201, 203, 221, 245, 251, 258, 282, 293 y 310 en la tabla 3, y así sucesivamente. La existencia de dos fronteras para EPM y EG confirma, en parte, el objetivo propuesto en este trabajo, al corroborar que ambos tipos de empresas operan bajo fronteras diferentes.

Tabla 3. Agrupación de sectores según resultados (signos de los parámetros y significación estadística)

152 Fabricación de calzado	172 Fabricación de artículos de papel y cartón
161 Aserrado y cepillado de la madera	231 Fabricación de vidrio y productos de vidrio
201 Fabricación de productos químicos básicos	329 Industrias manufactureras n.c.o.p.
203 Fabricación de pinturas	204 Fabricación de jabones
221 Fabricación de productos de caucho	222 Fabricación de productos de plástico
245 Fundición de metales	255 Fabricación de artículos de cuchillería y cubertería
251 Fabricación de elementos metálicos	259 Fabricación de otros productos metálicos
257 Fabricación de artículos de cuchillería	331 Reparación de productos metálicos, maquinaria
282 Fabricación de otra maquinaria de uso general	289 Fabricación de otra maquinaria
293 Fabricación de componentes	284 Fabricación de máquinas herramienta
310 Fabricación de muebles	181 Artes gráficas
233 Fabricación de productos cerámicos	236 Fabricación de elementos de hormigón, cemento
241 Fabricación de productos básicos de hierro, acero	237 Corte, tallado y acabado de la piedra

Fuente: Elaboración propia.

Todos los sectores se ajustan al modelo de Battese y Coelli (1995). En líneas generales, los parámetros de los insumos son positivos y, estadísticamente, significativos al 99%. En relación con los factores explicativos de la ineficiencia para el sector 152 y sus sectores agrupados, en la parte superior izquierda de la tabla 3, solamente ha resultado ser significativa la cualificación de los trabajadores, con el signo negativo. A medida que esta aumenta, disminuye la ineficiencia, tanto para empresas grandes como pequeñas. En el caso del sector 172 y sus sectores agrupados, los resultados son los mismos para las compañías grandes que los resultados ya mencionados. Sin embargo, para las empresas pequeñas, además de la cualificación del personal, la edad de la compañía es significativa, dado el signo positivo. Las empresas pequeñas de más edad son más ineficientes. Para los sectores 233 y 241, en la zona intermedia izquierda de la tabla 3, además de la cualificación, también se incorpora como factor determinante la edad, pero con signo negativo y para las empresas grandes. Por tanto, las EG de menor edad son menos ineficientes. Para el sector 204 y sus agrupados, además de la cualificación, se incorpora como factor determinante la intensidad de capital, en el caso de las empresas pequeñas con signo positivo.

Finalmente, el sector 181 y sus agrupados presentan los mismos resultados que los ya comentados en el sector 233 y sus agrupados, para las empresas grandes; pero para el caso de las empresas pequeñas, son todos los factores considerados influyentes de la ineficiencia, la cualificación con signo negativo y el resto; la edad y la intensidad de capital con signo positivo.

En la tabla 5 se muestran los test de contrastes y niveles de eficiencia media por sector. El test LR (segunda columna) muestra que tan solo el sector 284 ($\chi^2 = 24,19$; $P\text{valor} = 0,188$) acepta la hipótesis nula de la existencia de una sola frontera. Para el resto de los 25 sectores se rechaza la hipótesis nula y, por lo tanto, la existencia de dos fronteras de producción. Los contrastes σ y μ muestran la aceptación de la frontera y el término de ineficiencia, respectivamente, para los 26 sectores (columnas 3 a 6). El contraste de rendimientos de escala (columnas 7 y 8) indica que en 11 sectores 152, 221, 231, 236, 237, 245, 251, 259, 282, 289 y 331 (42,30%) se aceptan rendimientos constantes de escala con independencia del tamaño de las empresas, crecientes en el sector 241 con independencia del tamaño, decrecientes en el 284 con independencia del tamaño. En el resto de los 13 sectores, se alternan rendimientos constantes con decrecientes y crecientes.

Tabla 4. Resultados de la estimación del modelo de Battese y Coelli (1995) por sector

Sector 152	Todas			Grandes			Pequeñas		
	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.
<i>F. de Producción</i>									
Constante	2,259	0,036	**	2,333	0,101	**	2,110	0,051	**
Ln Consumos	0,553	0,005	**	0,450	0,008	**	0,625	0,006	**
Ln Inmov_mat	0,040	0,004	**	0,044	0,008	**	0,030	0,004	**
Ln Empleo	0,410	0,009	**	0,590	0,027	**	0,307	0,014	**
Tiempo (t)	0,008	0,002	**	0,018	0,003	**	0,004	0,003	
<i>Modelo Ineficiencia</i>									
Tiempo (t)	0,190	0,054	**	0,293	0,077	**	0,139	0,080	
Cualif (G_Pnal/E)	-0,396	0,039	**	-0,407	0,056	**	-0,371	0,048	**
Edad empresa	0,061	0,025	**	0,006	0,031		0,041	0,037	
Int_k (Inmov_mat/E)	0,005	0,002	**	0,010	0,005		0,004	0,002	
Dummies CCAA	sí			sí			sí		
Observaciones	1900			662			1238		
sigma_v	0,235	0,004		0,224	0,006		0,210	0,004	
Log Likelihood	0,7116			16,34			143,61		
Sector 233	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.
<i>F. de Producción</i>									
Constante	2,985	0,078	**	3,551	0,167	**	3,073	0,132	**
Ln Consumos	0,448	0,012	**	0,347	0,023	**	0,465	0,014	**
Ln Inmov_mat	0,104	0,010	**	0,069	0,014	**	0,129	0,013	**
Ln Empleo	0,454	0,026	**	0,537	0,058	**	0,344	0,043	**
Tiempo (t)	-0,033	0,006	**	-0,0002	0,007	**	-0,045	0,008	**
<i>Modelo Ineficiencia</i>									
Tiempo (t)	-0,024	0,092		0,250	0,141		-0,029	0,104	
Cualif (G_Pnal/E)	-0,188	0,047	**	-0,255	0,091	**	-0,232	0,079	**
Edad empresa	-0,061	0,026	**	-0,188	0,042	**	-0,059	0,032	
Int_k (Inmov_mat/E)	0,001	0,0008		0,003	0,003		0,001	0,0008	
Dummies CCAA	sí			sí			sí		
Observaciones	611			213			398		
sigma_v	0,292	0,009		0,217	0,012		0,305	0,012	
Log Likelihood	-139,1			10,05			-110,3		

Continúa

Sector 172	Todas			Grandes			Pequeñas		
	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.
<i>F. de Producción</i>									
Constante	2,225	0,041	**	2,258	0,088	**	2,335	0,062	**
Ln Consumos	0,595	0,008	**	0,566	0,012	**	0,597	0,009	**
Ln Inmov_mat	0,050	0,004	**	0,049	0,009	**	0,045	0,006	**
Ln Empleo	0,345	0,012	**	0,413	0,025	**	0,300	0,021	**
Tiempo (t)	0,008	0,002	**	0,012	0,003	**	0,002	0,003	
<i>Modelo Ineficiencia</i>									
Tiempo (t)	0,345	0,061	**	0,400	0,080	**	0,246	0,076	**
Cualif (G_Pnal/E)	-0,231	0,034	**	-0,250	0,046	**	-0,293	0,055	**
Edad empresa	0,032	0,021		0,008	0,021		0,096	0,037	**
Int_k (Inmov_mat/E)	-0,001	0,001		-0,001	0,002		0,0001	0,001	
Dummies CCAA	sí			sí			sí		
Observaciones	973			350			623		
sigma_v	0,169	0,004		0,112	0,006		0,185	0,005	
Log Likelihood	282,9			194,2			143,9		
Sector 204	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	Sig
<i>F. de Producción</i>									
Constante	2,726	0,057	**	3,430	0,176	**	2,361	0,067	**
Ln Consumos	0,399	0,009	**	0,282	0,013	**	0,520	0,010	**
Ln Inmov_mat	0,078	0,006	**	0,050	0,013	**	0,060	0,007	**
Ln Empleo	0,596	0,017	**	0,670	0,046	**	0,455	0,023	**
Tiempo (t)	0,021	0,004	**	0,025	0,005	**	0,20	0,003	**
<i>Modelo Ineficiencia</i>									
Tiempo (t)	0,256	0,061	**	0,242	0,112	**	0,312	0,099	**
Cualif (G_Pnal/E)	-0,200	0,029	**	-0,227	0,069	**	-0,240	0,043	**
Edad empresa	0,027	0,012	**	0,020	0,031		0,023	0,017	**
Int_k (Inmov_mat/E)	0,004	0,001	**	0,004	0,003		0,005	0,001	**
Dummies CCAA	sí			sí			sí		
Observaciones	731			197			534		
sigma_v	0,194	0,006		0,196	0,011		0,156	0,006	
Log Likelihood	81,88			24,62			188,6		

sec_181	Todas			Grandes			Pequeñas		
	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.	C. Est.	D. Est.	sig.
<i>F. de Producción</i>									
Constante	2,641	0,016	**	2,839	0,035	**	2,537	0,023	**
Ln Consumos	0,485	0,003	**	0,411	0,004	**	0,520	0,003	**
Ln Inmov_mat	0,022	0,002	**	0,007	0,003	*	0,028	0,002	**
Ln Empleo	0,526	0,005	**	0,650	0,010	**	0,466	0,009	**
Tiempo (t)	0,008	0,001	**	0,010	0,002	**	0,009	0,001	**
<i>Modelo Ineficiencia</i>									
Tiempo (t)	0,172	0,017	**	0,175	0,029	**	0,184	0,021	**
Cualif (G_Pnal/E)	-0,258	0,009	**	-0,263	0,013	**	-0,259	0,011	**
Edad empresa	0,032	0,006	**	0,039	0,009	**	0,035	0,008	**
Int_k (Inmov_mat/E)	0,0004	0,0001	**	-0,0009	0,001		0,0005	0,0001	**
Dummies CCAA	sí			sí			sí		
Observaciones	7862			2505			5357		
sigma_v	0,211	0,002		0,181	0,003		0,216	0,002	
Log Likelihood	421,0			408,9			228,5		

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los niveles de eficiencia (columnas 9 y 10), los tres sectores donde mayor nivel de eficiencia técnica media se alcanza en empresas grandes son 310, 255 y 204, con niveles del 0,933; 0,928 y 0,917, respectivamente. Los de menor nivel de eficiencia son los sectores 221, 284 y 329, con niveles del 0,825; 0,831 y 0,847, respectivamente. En el caso de las empresas pequeñas, los tres sectores donde mayor nivel de eficiencia técnica media se alcanza son: 152, 172 y 204, con niveles del 0,933; 0,930 y 0,910. Los de menor nivel de eficiencia son 259, 284 y 329, con niveles de eficiencia del 0,864; 0,853 y 0,851. Los sectores 284 y 329 se encuentran entre los tres que concentran los niveles de eficiencia más bajos en empresas grandes y pequeñas.

En relación con la presencia de progreso tecnológico, el coeficiente de la variable t (variable proxy de progreso tecnológico) es positivo y estadísticamente significativo en ocho sectores para empresas grandes y pequeñas (30,7 %): 181, 204, 231, 241, 251, 259, 310 y 331. En once sectores no ha sido significativo (201, 203, 221, 222, 236, 237, 255, 257, 289, 292, 293) y en los siete restantes, los resultados se reparten entre positivos/no significativos entre empresas grandes o pequeñas (152, 161, 172, 245, 282, 284 y 329).

Tabla 5. Principales test de contrastes y niveles de eficiencia por sector

Denominación sectores	LR/P_valor		Ho: $\sigma=0$		Ho1: $\mu=0$		$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$		Media (DE)	
	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas
152 Fabricación de calzado	306,2 (0,000)	3099 (0,000)	8598 (0,000)	64,3 (0,000)	60,4 (0,000)	11,9 (0,000)	6,28 (0,000)	0,910 (0,081)	0,933 (0,051)	
161 Aserrado y cepillado de la madera	32,64 (0,000)	1073 (0,000)	3867 (0,000)	44,6 (0,000)	35,4 (0,000)	7,74 (0,000)	0,56 (0,456)	0,867 (0,106)	0,901 (0,078)	
172 Fabricación de artículos de papel y de cartón	96,6 (0,000)	3575 (0,000)	5109 (0,000)	43,5 (0,000)	32,6 (0,000)	2,00 (0,157)	8,33 (0,003)	0,893 (0,081)	0,930 (0,076)	
181 Artes gráficas y servicios relacionados	432,9 (0,000)	14673 (0,000)	23668 (0,000)	391 (0,000)	521 (0,000)	58,4 (0,000)	3,22 (0,072)	0,877 (0,059)	0,885 (0,096)	
201 Fabricación de productos químicos básicos	64,5 (0,000)	206,8 (0,000)	752,2 (0,000)	24,0 (0,000)	24,3 (0,000)	6,20 (0,012)	7,85 (0,005)	0,865 (0,144)	0,865 (0,105)	
203 Fabricación de pinturas	88,78 (0,000)	1172 (0,000)	1203 (0,000)	35,5 (0,000)	29,1 (0,000)	19,8 (0,000)	1,56 (0,212)	0,871 (0,109)	0,886 (0,095)	
204 Fabricación de jabones	244,6 (0,000)	535,4 (0,000)	3630 (0,000)	25,0 (0,000)	59,0 (0,000)	0,01 (0,922)	3,22 (0,07)	0,917 (0,138)	0,910 (0,088)	
221 Fabricación de productos de caucho	275,7 (0,000)	1257 (0,000)	2307 (0,000)	47,6 (0,000)	33,2 (0,000)	12,9 (0,000)	4,17 (0,041)	0,831 (0,145)	0,883 (0,094)	
222 Fabricación de productos de plástico	282,5 (0,000)	2357 (0,000)	7547 (0,000)	105 (0,000)	167 (0,000)	0,00 (0,971)	34,4 (0,000)	0,877 (0,105)	0,888 (0,099)	
231 Fabricación de vidrio y productos de vidrio	438,3 (0,000)	847,7 (0,000)	5264 (0,000)	36,3 (0,000)	72,2 (0,000)	64,2 (0,000)	18,2 (0,000)	0,881 (0,122)	0,900 (0,087)	

Denominación sectores	LR/P_valor	Ho: $\sigma=0$			Ho: $\mu=0$			$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3=1$			Media (DE)	
		Grandes	Pequeñas	Grandes	Grandes	Pequeñas	Grandes	Grandes	Pequeñas	Grandes	Grandes	Pequeñas
233 Fabricación de productos cerámicos para la construcción	72,47 (0,000)	637,7 (0,000)	1324 (0,000)	8,70 (0,033)	47,2 (0,000)	1,09 (0,296)	2,35 (0,125)	0,902 (0,103)	0,878 (0,109)			
236 Fabricación de elementos de hormigón, cemento y yeso	171,5 (0,000)	6314 (0,000)	9102 (0,000)	59,1 (0,000)	102,8 (0,000)	13,6 (0,000)	14,3 (0,000)	0,913 (0,080)	0,884 (0,091)			
237 Corte, tallado y acabado de la piedra	125,2 (0,000)	2298 (0,000)	6896 (0,000)	66,9 (0,000)	140,9 (0,000)	17,6 (0,000)	8,50 (0,003)	0,869 (0,109)	0,895 (0,084)			
241 Fabricación de productos básicos de hierro, acero	36,49 (0,000)	2087 (0,000)	3783 (0,000)	17,1 (0,000)	62,4 (0,000)	2,30 (0,129)	0,67 (0,413)	0,906 (0,098)	0,877 (0,100)			
245 Fundición de metales	132,6 (0,000)	2937 (0,000)	3259 (0,000)	34,7 (0,000)	30,8 (0,000)	11,8 (0,000)	39,0 (0,000)	0,907 (0,094)	0,902 (0,086)			
251 Fabricación de elementos metálicos para la construcción	149,7 (0,000)	32408 (0,000)	53022 (0,000)	465,9 (0,000)	1006 (0,000)	116,7 (0,000)	15,9 (0,000)	0,909 (0,079)	0,896 (0,085)			
255 Forja, estampación y embutición de metales	98,4 (0,000)	1713 (0,000)	1696 (0,000)	34,2 (0,000)	50,1 (0,000)	3,64 (0,056)	5,77 (0,016)	0,928 (0,083)	0,873 (0,112)			
257 Fabricación de artículos de cuchillería y cubertería	107,6 (0,000)	2741 (0,000)	4182 (0,000)	38,3 (0,000)	51,1 (0,000)	9,65 (0,001)	0,02 (0,888)	0,902 (0,083)	0,905 (0,090)			
259 Fabricación de otros productos metálicos	174,3 (0,000)	9529 (0,000)	8397 (0,000)	142 (0,000)	269 (0,000)	26,9 (0,000)	37,4 (0,000)	0,905 (0,092)	0,864 (0,108)			
282 Fabricación de otra maquinaria de uso general	127,6 (0,000)	4262 (0,000)	5481 (0,000)	96,5 (0,000)	110 (0,000)	29,7 (0,000)	27,5 (0,000)	0,900 (0,085)	0,884 (0,090)			

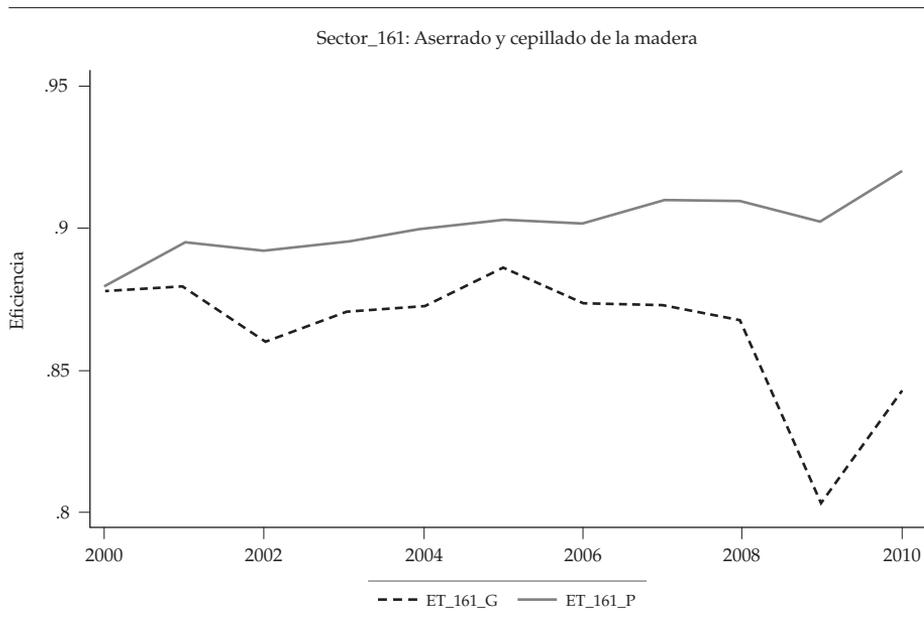
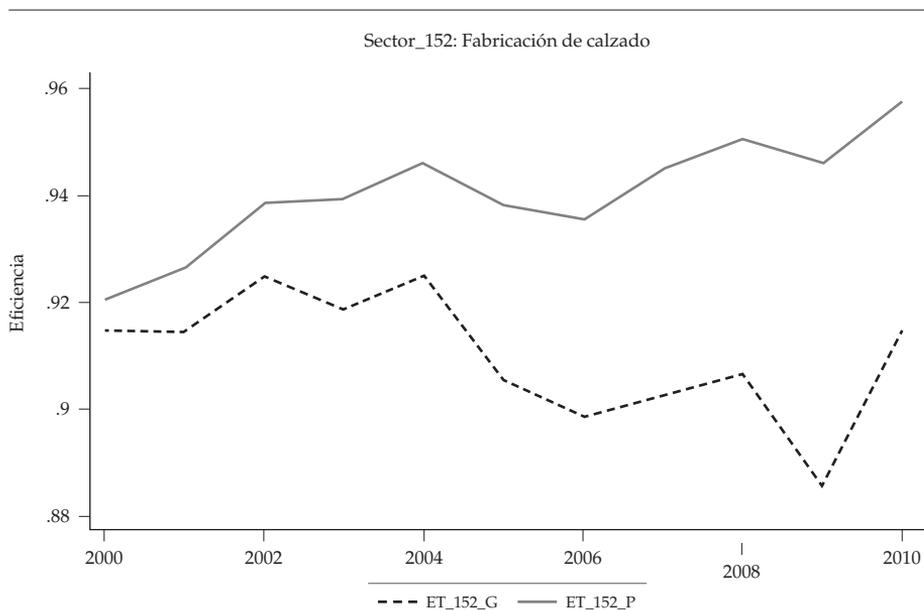
Continúa

Denominación sectores	LR/P_valor		Ho: $\sigma=0$		Ho1: $\mu=0$		$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$		Media (DE)	
	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas	Grandes	Pequeñas
284 Fabricación de máquinas herramienta para metal	24,19 (0,188)	474 (0,000)	2472 (0,000)	18,6 (0,000)	78,7 (0,000)	1,67 (0,196)	2,58 (0,108)	0,825 (0,151)	0,853 (0,137)	
289 Fabricación de otra maquinaria para usos específicos	129,9 (0,000)	4175 (0,000)	6468 (0,000)	61,1 (0,000)	110 (0,000)	7,32 (0,000)	21,6 (0,000)	0,914 (0,093)	0,894 (0,089)	
293 Fabricación de componentes	32,45 (0,019)	969,4 (0,000)	1537 (0,000)	22,6 (0,000)	42,8 (0,000)	9,51 (0,002)	9,26 (0,000)	0,857 (0,115)	0,895 (0,094)	
310 Fabricación de muebles	71,9 (0,000)	14386 (0,000)	24200 (0,000)	132 (0,000)	454 (0,000)	80,3 (0,000)	0,90 (0,343)	0,933 (0,058)	0,898 (0,078)	
329 Industrias manufactureras N.C.O.P.	61,3 (0,000)	1810 (0,000)	1950 (0,000)	41,1 (0,000)	48,0 (0,000)	1,27 (0,259)	1,46 (0,227)	0,847 (0,136)	0,851 (0,119)	
331 Reparación de productos metálicos, maquinaria y equipo	198,0 (0,000)	4713 (0,000)	8678 (0,000)	123 (0,000)	222,7 (0,000)	4,77 (0,028)	59,6 (0,000)	0,903 (0,095)	0,886 (0,000)	

Fuente: elaboración propia.

En resumen, la cualificación de los trabajadores ha resultado ser un factor explicativo de la eficiencia en todos los sectores y con independencia del tamaño empresarial. El signo negativo del coeficiente de esta variable indica que, a medida de que la cualificación es mayor, también lo es el nivel de eficiencia. Estos resultados están en consonancia con los alcanzados en los trabajos de Díaz y Sánchez (2008), Charoenrat y Harvie (2014), De Jorge-Moreno y Rojas (2015). La edad de la empresa ha tenido influencia positiva, negativa y no significativa en EPM y EG. La relación entre la edad de la empresa y la eficiencia es ambigua en la literatura. Mientras que autores como Álvarez y Crespi (2003), Audrestch, et al. (2009) o Charoenrat & Harvie (2014) encuentran que la edad tiene una relación positiva con la eficiencia, confirmándose que mayor experiencia y reputación afecta a una mejor utilización de recursos, otros autores, como Bartra y Tan (2003) y Tran, et al. (2008), encuentran una relación inversa entre la edad y la eficiencia. Las empresas de más edad, con mayor experiencia, pero quizás con procesos productivos o tecnologías más anticuadas que las empresas jóvenes son menos competitivas. Por último, la intensidad de capital resultó ser igualmente positiva o no significativa. El signo positivo, relacionado inversamente con la eficiencia, está presente en las fronteras de producción de las EPM. Los ajustes de las inversiones en capital en las EPM, en el corto y medio plazo, podrían ser las causas de esta relación. Este último resultado, en principio, contra intuitivo está en línea con los obtenidos por De Jorge-Moreno y Rojas (2015) y Díaz y Sánchez (2008). Los resultados de los diferentes factores que explican la eficiencia en EPM y EG confirman parcialmente la hipótesis relativa a las diferencias en los factores explicativos de las EPM y EG.

Por último, la figura 1 muestra la evolución de la eficiencia en el período analizado y los sectores omitidos exponen patrones relacionados. La figura 1 recoge diferentes patrones. En la parte superior de esta figura aparecen los sectores donde los niveles de eficiencia media son mayores, en las EP, que las EG, referidas a sus respectivas fronteras. Asimismo, en la zona intermedia, se muestran sectores donde se alternan los mayores/menores niveles de las empresas grandes y pequeñas. Y, finalmente, en la parte inferior, se exponen los sectores donde los niveles de eficiencia son mayores en el caso de las empresas grandes, que en las pequeñas.



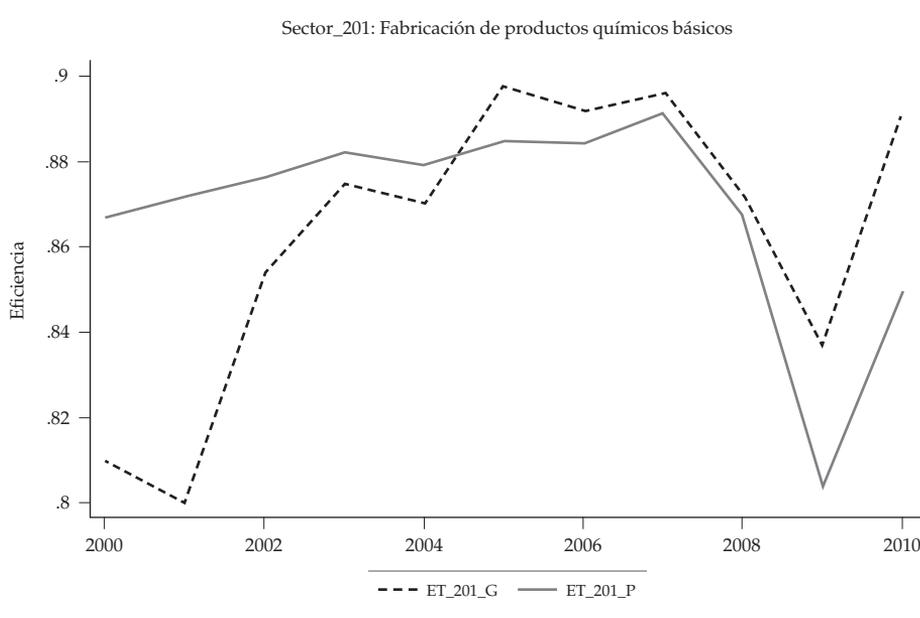
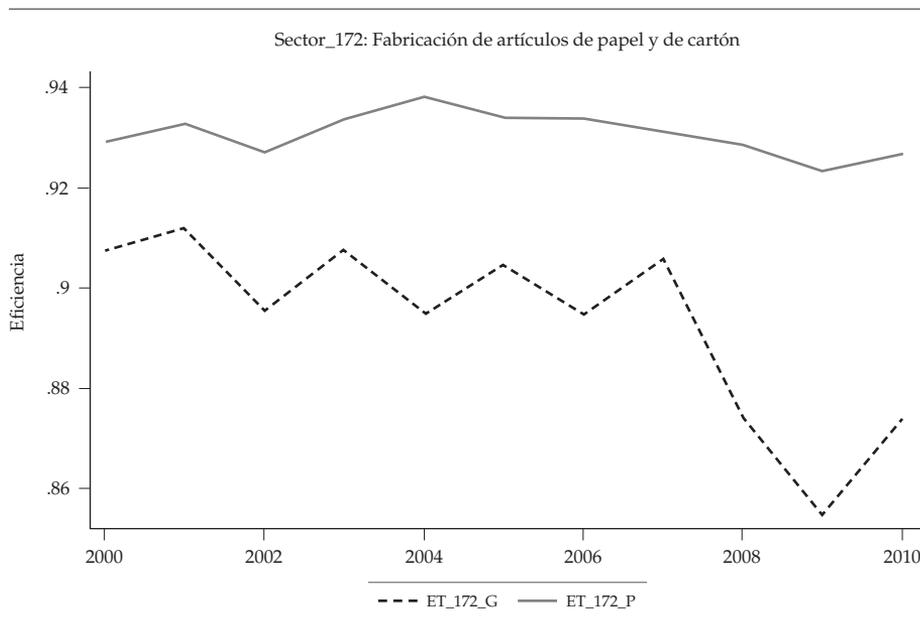
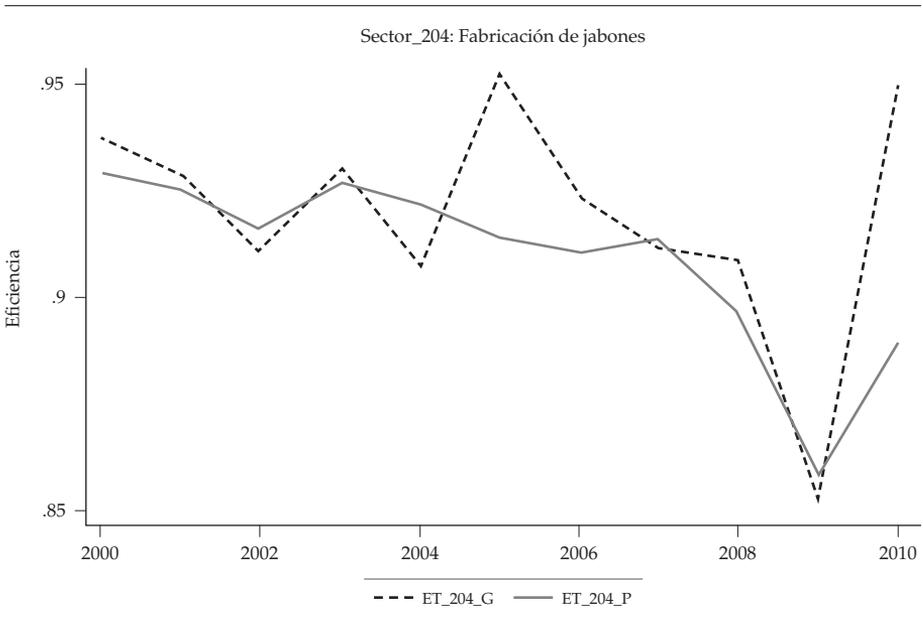
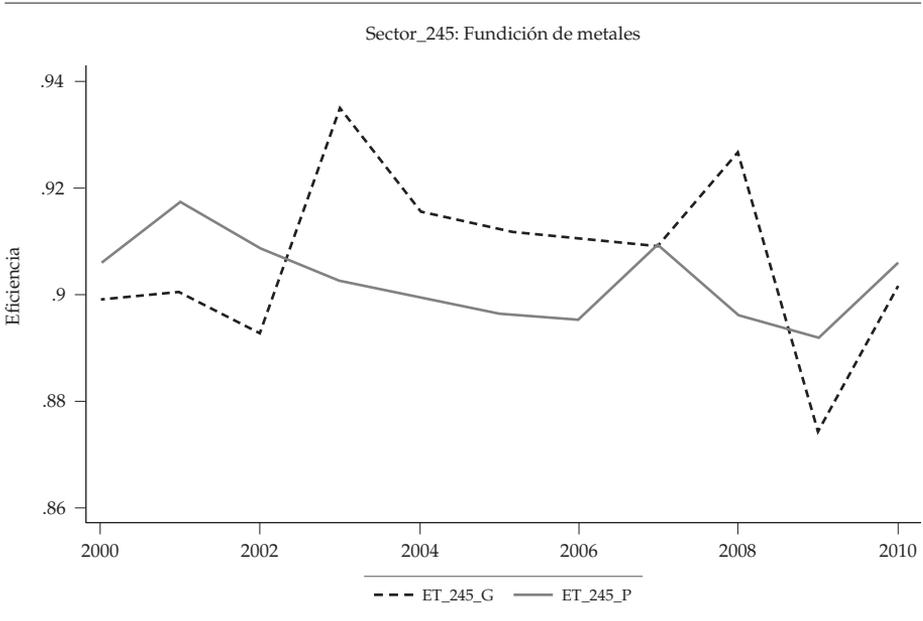


Figura 1. Continúa página siguiente



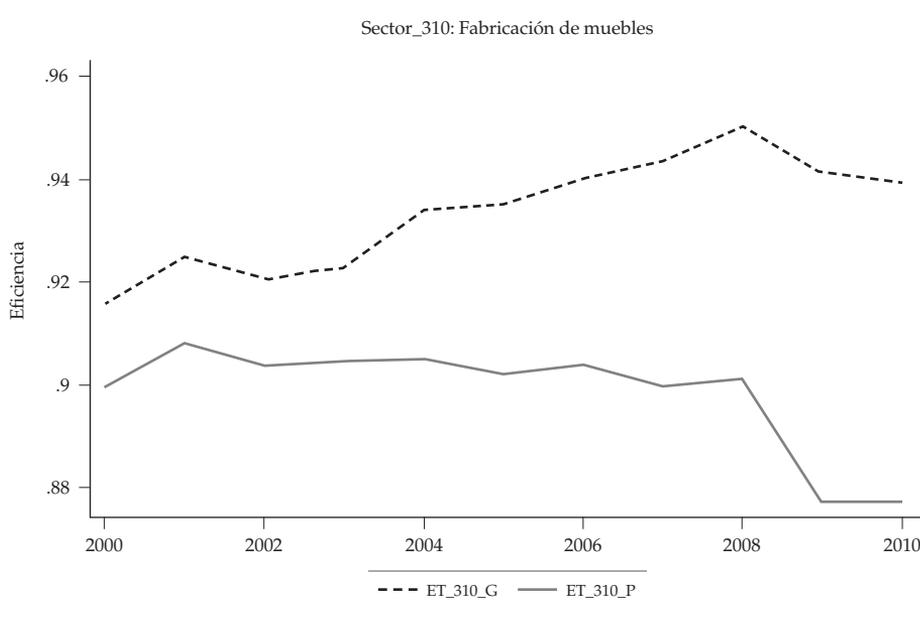
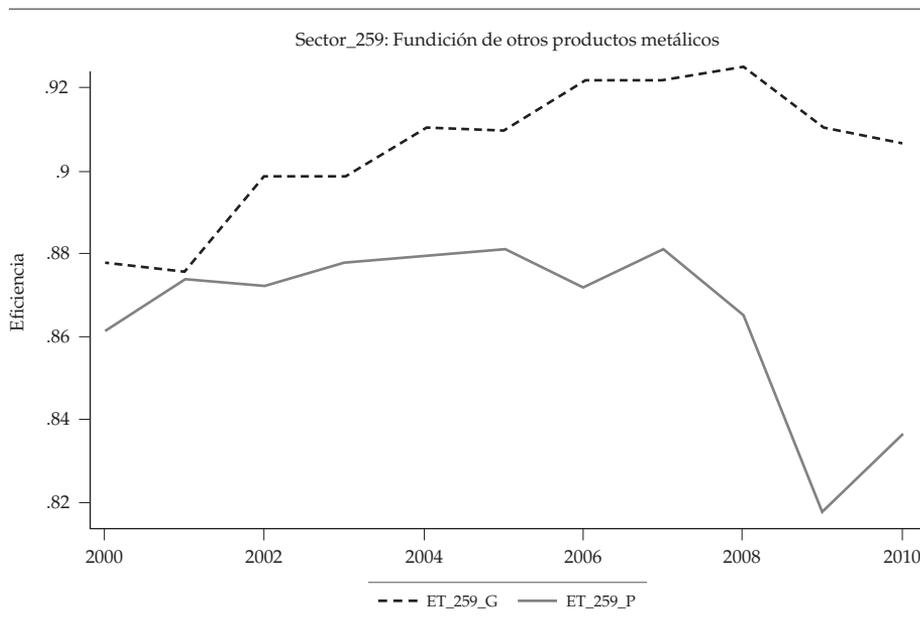


Figura 1. Continúa página siguiente

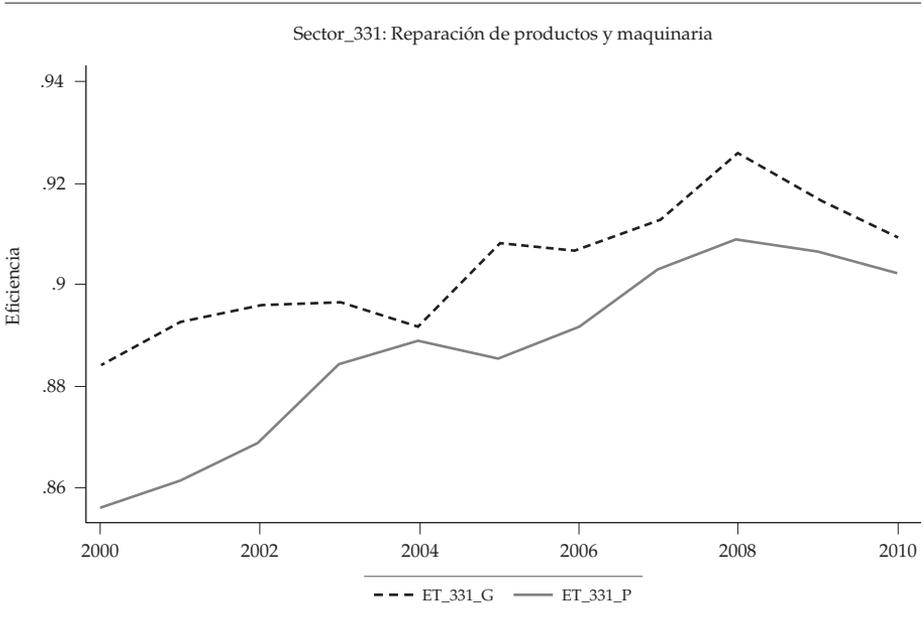


Figura 1. Evolución de la eficiencia media por sectores y tamaño, 2000-2010

Fuente: elaboración propia.

La presencia de heterogeneidad en los niveles de eficiencia de las compañías, así como las diferencias intra e intersectorial está en línea con los resultados obtenidos por Gumbau-Albert (1998), Martín-Marcos y Suárez (2000) o Taymaz (2005).

4. Conclusiones

Este trabajo analiza la eficiencia técnica y sus factores explicativos en función del tamaño empresarial en un panel de datos a lo largo del periodo 2000-2010 en 26 sectores industriales españoles a tres dígitos CNAE.

Los principales resultados revelan la aceptación, en la mayor parte de los sectores, de dos fronteras de producción diferentes para las empresas, en función del tamaño: grandes y medianas y pequeñas. El modelo de Battese y Coelli (1995) ha sido utilizado con independencia del tamaño y del sector.

Los resultados alcanzados confirman, parcialmente, las hipótesis planteadas. Por un lado, se corrobora, la existencia de dos fronteras de producción según el tamaño para EPM y para EG. Por otro, que los factores explicativos de la eficiencia son diferentes en función del tamaño. Los factores que han sido

utilizados como determinantes de la eficiencia, según la disponibilidad de estos en la base de datos y de los objetivos perseguidos han sido la cualificación de los trabajadores, la edad de la empresa, la intensidad de capital y la localización, considerando el sector de actividad a tres dígitos de la CNAE. La cualificación de los trabajadores, en términos de los gastos de personal, con respecto al empleo relacionado con la media del sector, resultó ser significativa para todas las secciones. Esto implica que la mayor cualificación de los trabajadores se relaciona con un mayor nivel de eficiencia con independencia del tamaño empresarial al que pertenecen las empresas. Así, se pone de manifiesto la importancia de la continua actualización de los conocimientos y habilidades de los trabajadores, necesarias para lograr mejoras en el desempeño, en la eficiencia y en la participación en actividades de innovación de producto y procesos que generen mayor valor añadido.

La edad de la empresa y la intensidad de capital han tenido una influencia dispar y relativa. En cuanto a la primera, su influencia tanto positiva como negativa o no significativa, en línea con el criterio de ambigüedad de esta relación, mencionado por la literatura. La relación positiva sustenta los conceptos de aprender haciendo y del conocimiento acumulado como fuentes necesarias para que las empresas sean más competitivas. La relación negativa, próxima a la idea de mayor pasividad y procesos productivos más obsoletos en las empresas de mayor edad. En relación con la intensidad de capital, ha resultado ser positiva o no significativa. El signo positivo, relacionado inversamente con la eficiencia, está presente en las fronteras de producción de las empresas pequeñas y medianas. Aunque las empresas de menor tamaño son más flexibles a la hora de ajustar los insumos a sus productos, resultado de menores costos de ajustes a las condiciones del entorno, no poseen economías de escala y alcance a igual escala que las empresas más grandes. No obstante, la ausencia de relación positiva entre recursos disponibles y eficiencia en las empresas grandes, podría relacionarse con que las EG tienen mayores problemas en conseguir niveles de eficiencia elevados como consecuencia de los grandes problemas burocráticos de gestión, de motivación a sus trabajadores y de monitorización.

La evolución de la eficiencia intra e intersectorial muestra patrones diferentes. En líneas generales, los niveles de eficiencia media son relativamente altos. Los sectores con mayores niveles de eficiencia son: 310 Fabricación de muebles (empresas grandes) y 152 Fabricación de calzado (empresas pequeñas y medianas) que alcanzan valores similares de 0,93. Por tanto, existen posibilidades de mejora. Para los sectores con los niveles más reducidos (284 Fabricación de máquinas herramienta para trabajar el metal, 329 Industria

manufacturera), los valores son 0,83 para las empresas grandes y 0,85 para las pequeñas y medianas, respectivamente, indicando mayores posibilidades.

Este trabajo ha conducido a un análisis de los factores explicativos de la eficiencia técnica en función del tamaño empresarial en el sector manufacturero español. Tanto el horizonte temporal como el ámbito sectorial abordados en este trabajo han ofrecido una interesante perspectiva de estudio. Sin embargo, la ausencia de variables más desagregadas que pudieran capturar las características de los recursos humanos, los recursos productivos y la organización emergen como restricciones que limitan el análisis. Posibles extensiones del trabajo podrían encaminarse a superar esta barrera, aunque por el momento no es un tema de fácil solución, considerando el nivel de desagregación sectorial. A la vista de los resultados obtenidos, posibles ampliaciones del trabajo podrían orientarse al estudio de los factores explicativos de la eficiencia, considerando el análisis meta-frontera.

NOTA: Adicionalmente, se han estimado los modelos combinando la propuesta de Battese y Coelli (1995) y el modelo de Greene (2005), añadiendo dummies de sector en la función. Los resultados omitidos para ahorrar espacio no varían ostensiblemente.

Referencias

- Agell, J. (2004). Why are small firms different? Managers' views. *Scandinavian Journal of Economics*, 106, 437-452.
- Aigner, D. C., Lovell, K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Alvarez, R., Crespi, G. (2003). Determinants of technical efficiency in small firms. *Small Business Economic*, 20, 233-244.
- Antonelli, C., Crespi, F., & Scellato, G. (2015). Productivity growth persistence: firm strategies, size and system properties. *Small Business Economics*, 45, 129-147.
- Antonelli, C., & Scellato, G. (2015). Firm's size and directed technological change. *Small Business Economics*, 44, 207-218.
- Audretsch, B. (1999). Small Firms and Efficiency. En Zoltan, J. (Ed.), *Are Small Firms Important? Their Role and Impact* (pp. 241-272). Boston: ACS (Springer) Graner and Isaksson, Van Biesebroeck.
- Audretsch, D. B. (2002). The dynamic role of small firms: Evidence from the U.S. *Small Business Economics*, 18, 13-14.

- Audretsch, D. B., Horst, R. V. D., Kwaak, T., & Thurik, R. (2009). First section of the annual report on EU small and medium-sized enterprises. Holanda: The European Commission, Directorate General Enterprise and Industry, EIM Business & Policy Research, Zoetermeer.
- Batra, G., & Tan, H. (2003). SME technical efficiency and its correlates: cross-national evidence and policy implication. *Working Paper. World Bank Institute, Washington D.C.*
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1993). A stochastic frontier production' function incorporating a model for technical inefficiency effects. *Working papers in econometrics and applied statistics*, 69. *University of New England.*
- Battese, G. E., & Coelli, T. (1995). A model of technical inefficiency effects in stochastic frontier production functions for panel data. *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Charoenrat, T., & Harvie, C. (2013). Technical efficiency of Thai manufacturing SMEs: a stochastic frontier analysis. *Australasian Accounting Business Finance Journal*, 7(1), 99-121.
- Charoenrat, T., & Harvie, C. (2014). The efficiency of SMEs in Thai manufacturing: A stochastic frontier analysis. *Economic Modelling*, 43, 373-393.
- Coad, A., Segarra, A., & Teruel, M. (2012). Like milk or wine, does firm performance improve with age? Structural change and economic Dynamics. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.strueco>.
- De Jorge-Moreno, J., & Suarez, C. (2011). Influence of R&D subsidies on efficiency, the case of Spanish manufacturing's firms. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14, 185-193.
- De Jorge-Moreno, J., Laborda Castillo, L., & Merino de Lucas, F. (2011). La empresa industrial de América Latina: Análisis de la eficiencia mediante grupos estratégicos. *Económica*, LVII, 165-192.
- De Jorge-Moreno, J., & Rojas, O. (2015). Technical efficiency and its determinants factors in Spanish textiles industry. *Journal of Economic Studies*, 42(3), 346-357.
- Díaz, M. A., & Sánchez, R. (2008). Firm size and productivity in Spain, a stochastic frontier approach analysis. *Small Business Economics*, 30(3), 315-323.
- Fariñas, J. C., & Martín-Marcos, A. (2003). Exporting and economic performance, firm level evidence for Spanish manufacturing. Recuperado de <http://www.uned.es/dpto.analisiseconomico2/fichprof/amartin/EXPORTING%20AND%20ECONOMIC%20PERFORMANCE.PDF>
- Fernández de Guevara, J. F. (2011). La productividad sectorial en España: Una perspectiva micro. *Economía y Sociedad. Informes, Fundación BBVA.*
- Fernández de Guevara, J. F. (2014). El riesgo de las empresas españolas en la crisis. En Fariñas, J. C., Fernández de Guevara, J. F. (Eds.), *La empresa*

- española ante la crisis del modelo productivo, *Productividad, competitividad e innovación*. España: Fundación BBVA.
- García-Posada, M., & Mora-Sanguinetti, J. S. (2014). Entrepreneurship and enforcement institutions: Disaggregated evidence for Spain. *Banco de España, Working Paper 1405*. doi:10.2139/ssrn.2413422.
- García-Posada, M., & Mora-Sanguinetti, J. S. (2015). Does (average) size matter? Court enforcement, business demography and firm' growth. *Small Business Economics*, 44, 639-669.
- Giannakas, K., Tran, K. C., & Tzouvelekas, V. (2003). On choice of functional form in stochastic frontier modeling. *Empirical Economics*, 28(1), 75-100.
- Gómez Rivera, L. M. (2014). Tres ensayos sobre eficiencia económica y crecimiento regional, capacidad empresarial, externalidades y estructura productiva. (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, España).
- Greene, W. (2005a). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of Productivity Analysis*, 23, 7-32.
- Gumbau-Albert, M. (1998). La eficiencia técnica de la industria española. *Revista Española de Economía*, 15(1), 67-84.
- Gumbau-Albert, M., & Maudos, J. (2002). The determinants of efficiency, the case of Spanish industry. *Applied Economics*, 34, 1941-1948.
- Huergo, E., & Moreno, L. (2005). La productividad en la industria española, Evidencia microeconómica. Recuperado de <http://eprints.ucm.es/6844/>
- Laborda, L., Sotelsek, D., & De Jorge-Moreno, J. (2014). Foreign direct investment and productivity spillovers, firm-level evidence from Chilean industrial sector. *Latin American Economic Review*, 15, 93-122.
- Le, T., Gibson, J., & Oxeley, L. (2003). Cost- and income- based measures of human capital. *Journal of Economic Surveys*, 17(3), 272-306.
- Leibenstein, H. (1966). Allocative efficiency vs. X-Efficiency. *The American Economic Review*, 56(3), 392-415.
- Lieberman, M., & Dhawan, R. (2005). Assessing the Resource Base of US and Japanese Automakers, a Stochastic Frontier Production Function Approach. *Management Science*, 51, 1060-1075.
- Li, Y., & Hu, J. L. (2002). Technical efficiency and location choice of small and medium-sized enterprises. *Small Business Economic*, 19, 1-12.
- López-García, P., & Sánchez, P. (2010). *El tejido empresarial español en perspectiva*. Nota interna. Departamento de Coyuntura y Previsión Económica. Banco de España.
- Lundvall, K., & Battese, G. (2000). Firm Size, Age and Efficiency, Evidence from Kenyan Manufacturing Firms. *The Journal of Development Studies*, 36(3), 146-163.

- Martín-Marcos, A., & Suárez, C. (2000). Technical efficiency of Spanish manufacturing firms, a panel data approach. *Applied Economics*, 32, 1249-1258.
- Meeusen, W. J., & Van der Broeck, J. (1977). Efficient estimation from Cobb-Douglas productions functions with composed error. *International Economics Review*, 18, 435-444.
- Merino, F., & Salas, V. (1996). Diferencias de eficiencia entre empresas nacionales y extranjeras en el sector manufacturero. *Papeles de Economía Española*, 66, 191-207.
- Mohnen, P., & Hall, B. H. (2013). Innovation and productivity: An update. *Eurasian Business Review*, 3(1), 47-65.
- Núñez, S. (2004). Salida, entrada y tamaño de las empresas españolas. *Boletín Económico. Banco de España*.
- Pagano, M., & Schivari, F. (2003). Firm size distribution and growth. Scandinavian. *Journal of Economics*, 105(2), 255-274.
- Pitt, M., & Lee, L. (1981). The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry. *Journal of Development Economics*, 9, 43-64.
- Schiersch, A. (2013). Firm size and efficiency in the German mechanical engineering industry. *Small Business Economics*, 40, 335-350.
- Söderbom, M., & Teal, F. (2004). Size and efficiency in African manufacturing firms: Evidence from firm-level panel data. *Journal of Development Economics*, 73, 369-394.
- Syverson, C. (2011). What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326-365.
- Taymaz, E., & Saatci, G. (1997). Technical Change and Efficiency in Turkish Manufacturing Industries. *Journal of Productivity Analysis*, 8, 461-475.
- Williamson, O. (1970). *Corporate Control and Business Behavior*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, ISBN, 013173203x.
- Yag, J. C. (2006). The Efficiency of SMEs in the Global Market: measuring the Korean performance. *Journal Policy Model*, 28, 861-876.
- Yang, C.-H., & Chen, K.-H., 2009. Are small firms less efficient? *Small Business Economic*, 32, 375-395.
- Zellner, A., Kmenta, J, & Dréze, J. (1966). Specification and estimation of Cobb-Douglas production' function models. *Econométrica*, 34, 784-795.

