

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA



TESIS DOCTORAL

**ENSAYOS EN ECONOMÍA DE LA
INNOVACIÓN Y DEL TRANSPORTE**

Autor: Alfonso Badiola Sánchez

Director: Dr. Pablo Coto Millán

Santander, Agosto de 2015

Dedicada a mis padres

“Pedid y se os dará, buscad y hallaréis, llamad y se os abrirá, porque todo el que pide recibe, y el que busca halla, y al que llama se le abre.” Mateo 7:7-8

Índice

Agradecimientos	Página 8
Capítulo I: Introducción	Página 10
Capítulo II: Determinantes de la producción de innovación, eficiencia técnica y regiones europeas de objetivo 1: (2007-2011)	Página 13
Resumen	Página 13
Palabras clave	Página 13
1. Introducción	Página 13
2. Revisión de literatura	Página 14
3. Modelo	Página 17
4. Datos	Página 21
5. Resultados	Página 23
6. Conclusiones	Página 27
7. Referencias	Página 28
8. Anexo. Resultados de eficiencia técnica de las regiones europeas	Página 33
Capítulo III: Determinantes de la innovación y eficiencia técnica en las regiones españolas (2004-2011)	Página 39
Resumen	Página 39
Palabras clave	Página 39
1. Introducción	Página 39
2. Revisión de literatura	Página 41
3. Modelo	Página 46
4. Datos	Página 51
5. Resultados	Página 53
6. Conclusiones	Página 61
7. Referencias	Página 62

Capítulo IV: Turismo, tamaño, endeudamiento, “low cost” y eficiencia estocástica dinámica de los aeropuertos españoles (2009-2013)	Página 70
Resumen	Página 70
Palabras clave	Página 70
1. Introducción	Página 70
2. Revisión de literatura	Página 72
3. Modelo	Página 79
4. Datos	Página 82
5. Resultados	Página 83
6. Conclusiones	Página 89
7. Referencias	Página 90
Capítulo V: Regulación y eficiencia en las empresas de servicios portuarios (1993-2013)	Página 94
Resumen	Página 94
Palabras clave	Página 94
1. Introducción	Página 94
1.1.Síntesis del marco jurídico del sistema portuario español	Página 97
1.2.Relación entre competencia y eficiencia en los servicios portuarios	Página 98
2. Revisión de literatura	Página 100
3. Modelo	Página 105
4. Datos	Página 108
5. Resultados	Página 114
6. Conclusiones	Página 121
7. Referencias	Página 122
8. Anexo. Empresas consideradas por cada subsector portuario	Página 128
Capítulo VI: Conclusiones	Página 138

Índice de tablas

Tabla 2.1: Variables utilizadas	Página 22
Tabla 2.2: Estadísticos descriptivos	Página 23
Tabla 2.3: Estimación	Página 23
Tabla 2.4: Contraste de hipótesis de los parámetros	Página 24
Tabla 2.5: Determinantes de la eficiencia técnica	Página 25
Tabla 2.6: Listado de variables explicativas de la Tabla 2.5	Página 25
Tabla 2.7: Eficiencia técnica período 2007-2011	Página 26
Tabla 2.8: Eficiencia técnica de las regiones europeas	Página 33
Tabla 3.1 Variables utilizadas	Página 52
Tabla 3.2: Estadísticos descriptivos	Página 53
Tabla 3.3: Estimación por máxima verosimilitud (período 2004-2011)	Página 54
Tabla 3.4: Contrastes de hipótesis de los parámetros	Página 55
Tabla 3.5: Resultados de eficiencia técnica media para las regiones europeas (2004-2011)	Página 56
Tabla 3.6: Listado de variables explicativas	Página 60
Tabla 3.7: Determinantes de la eficiencia técnica (período 2004-2011)	Página 61
Tabla 4.1: Estudios sobre producción y eficiencia aeroportuaria	Página 72
Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos	Página 82
Tabla 4.3: Estimación del modelo	Página 84
Tabla 4.4: Eficiencia media por año	Página 85
Tabla 4.5: Resultados de eficiencia estocástica dinámica para los aeropuertos españoles (período 2009-2013)	Página 86
Tabla 5.1: Estudios sobre funciones de producción y costes portuarios	Página 103
Tabla 5.2: Prácticos	Página 109

Tabla 5.3: Remolcadores	Página 110
Tabla 5.4: Amarradores	Página 110
Tabla 5.5: Pasaje	Página 111
Tabla 5.6: Estibadores	Página 111
Tabla 5.7: Suministros	Página 112
Tabla 5.8: Recogida de deshechos	Página 112
Tabla 5.9: Transitarios	Página 113
Tabla 5.10: Consignatarios	Página 113
Tabla 5.11: Operadores logísticos	Página 114
Tabla 5.12: Resultados de las estimaciones de los diez subsectores y efecto de las diferentes regulaciones	Página 116
Tabla 5.13: Resultados de eficiencia estocástica media anual por subsector portuario y media de cada subsector	Página 118
Tabla 5.14: Efecto de las regulaciones	Página 120

Índice de figuras

Figura 2.1: Evolución de la eficiencia técnica (2007-2011)	Página 26
Figura 3.1: Media de la eficiencia técnica por año de las regiones españolas	Página 58
Figura 3.2: Eficiencia técnica media de las regiones españolas (2004-2011)	Página 60
Figura 4.1: Eficiencia media de los aeropuertos españoles (2009-2013)	Página 88
Figura 5.1: Eficiencia estocástica media anual de cada subsector portuario (1993-2013)	Página 119

Agradecimientos

Existen caminos en la vida en los que sin buscar una señal divina acabas encontrándote a ti mismo. Lo que estás leyendo son los agradecimientos de mi tesis doctoral, conducente al título de Doctor, que espero obtener. Solo quienes han realizado una tesis saben cómo puede sentirse una persona al recorrer este camino.

Nada de esto hubiera sido posible sin mi director de tesis, el Catedrático y Doctor Pablo Coto Millán, la primera persona que se ofreció a dirigirme una tesis y quien me ha transferido una parte de su inmenso conocimiento no solamente científico, gracias por confiar en mí y por todo Pablo. Gracias a mis padres: Ana María Sánchez Lastra, Mami, sabes que eres la principal razón por la que he finalizado mi tesis y el faro que ilumina mi vida, gracias por seguir ahí, Dios nos guarde con salud muchos años; y José María Badiola, Capitán de la Marina Mercante, quien gobernó buques por todos los mares del mundo para que su familia viviera bien, a ti va especialmente dedicado el quinto capítulo de esta tesis, ya que pasé muchos momentos de mi niñez viajando con mi madre de puerto en puerto de España para verte, sé que si pudieras verme estarías orgulloso de mi. A la Doctora Ana María Badiola, mi hermanita, quien me enseñó que un Doctor no es necesariamente un profesional de la medicina, ahora te entiendo mejor. A mi querida ahijada y sobrina Adriana; a mi abuela Maximina Lastra, grande entre las grandes; a mi abuelo José; a mi tíos y padrinos Rafa Sánchez Lastra y Luisi Sánchez Lastra; a mi tita Pilar Sánchez Lastra. A mis tíos Bartolomé y Mari Asun. A mis primos, Álvaro, Rafa y Natalia. A mi cuñado Aitor Basurko.

Al Doctor Manuel Agüeros, la única persona que me ha citado en su tesis doctoral y no solo en las referencias, sino también en sus agradecimientos. A todas las mujeres que me amaron. A Alejandro Liz, a Sancho Michell, a Sergio García, al Doctor Pedro Casares, al Doctor Xosé Luis Fernández, al Doctor Sunil del Valle Martis. A los enfermos de Crohn y a quienes padecen una enfermedad rara; a los médicos que me salvaron cuando tenía solo 21 años. A los alumnos y a las alumnas que me eligieron para salir en orlas. Al cine, a la música, a la creatividad. A toda la gente que me dijo que no llegaría lejos. A quienes

nunca se rindieron. Al fútbol. A las personas que me han acompañado durante este período de mi vida que no ha sido fácil, largas horas de investigación, revisiones literarias, trabajo, clases, papers, análisis de datos, estimaciones, búsqueda de fuentes, cambios, resultados, conclusiones, soledad, amargura pero también felicidad que han servido de filtro. Bendita sea esta tesis doctoral y maldita sea toda persona que haga algo en contra de ella o en contra de mi. No puedo acabar estas líneas sin agradecer a mis compañeros y compañeras del Departamento de Economía de la Universidad de Cantabria, especialmente a mis compañeros y compañeras de docencia. Siento si me olvido de alguien. Ha sido un honor aportar humildemente una pequeña parte al conocimiento científico y espero poder seguir haciéndolo. Os quiero.

Un fuerte abrazo,

Alfonso

Capítulo I: Introducción

La presente tesis doctoral consta de cuatro investigaciones, dos sobre economía de la innovación y dos sobre economía del transporte, con un hilo conductor sobre eficiencia y sus determinantes. Se describirá la literatura económica sobre eficiencia y se aplicará posteriormente a la producción de innovación en las regiones europeas y españolas, así como a la producción aeroportuaria y portuaria española. Estas investigaciones vienen motivadas por la necesidad de dar respuesta al incremento de la competitividad de los sectores económicos en las etapas de crisis económica. La balanza de pagos de la economía española ha reducido su déficit en los últimos años, motivado entre otros factores, por el aumento de las exportaciones y del turismo, realizados fundamentalmente mediante transporte marítimo y aéreo, por lo que es relevante el estudio de su eficiencia.

En el Capítulo II se desarrollará un modelo teórico de los determinantes de la generación de innovación y se obtendrá qué regiones europeas resultan más técnicamente eficientes en su producción en el período 2007-2011, para establecer una serie de recomendaciones de política económica y social. Algunas regiones europeas que en el año 2000 poseían un cierto retraso respecto al comportamiento medio de la variable PIB han sido definidas como regiones Objetivo 1. Mediante diferentes programas de fondos europeos, dichas regiones se han beneficiado de apoyo a las inversiones en I+D, a la sociedad de conocimiento y la información, a las tecnologías de información y comunicación y a la innovación. Con la metodología diseñada contrastaremos empíricamente si tales regiones han ganado en eficiencia técnica en la producción de innovación o no.

En el Capítulo III se analizará el caso de las regiones españolas, ampliando el periodo temporal analizado en el capítulo anterior hasta abarcar desde 2004 hasta 2011. Así, se desarrollará un modelo teórico de generación de innovaciones que será contrastado empíricamente, con el objeto de poder determinar cuáles son los determinantes de la innovación y qué regiones españolas resultan más técnicamente eficientes produciendo las mismas. De igual manera que en el caso de las regiones europeas, se utilizará como determinante de la ineficiencia el criterio de región definida como región de Objetivo 1 o

no. Con la metodología diseñada se contrastará empíricamente si tales regiones españolas han contribuido positivamente a la eficiencia técnica en la producción de innovación o no en el periodo de estudio 2004-2011.

En ambos capítulos se examinará como diferentes autores han sentido la necesidad de elaborar investigaciones mediante el uso de instrumentos del análisis económico para explicar el comportamiento de la innovación. También se justificará la elección de cada uno de los inputs productivos con una revisión del estado del arte desde los inicios de la teoría económica hasta nuestros días, así como la elección de cada uno de los indicadores de los factores productivos utilizados. Para ello se usará información estadística publicada por la Comisión Europea.

Los capítulos IV y V se dedican a analizar la producción y eficiencia técnica de los aeropuertos y de los subsectores portuarios en España. Para el transporte aéreo, se ha recogido información estadística entre los años 2009 y 2013 de los cuarenta y siete aeropuertos y los dos helipuertos españoles gestionados por Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, partiendo de sus cuentas analíticas de resultados y de datos elaborados por el Ministerio de Fomento. Para calcular la eficiencia técnica se estima una función de producción – en este caso de los aeropuertos españoles – con un output y una serie de inputs, que se han aproximado mediante la información estadística descrita en el correspondiente apartado. Después se estima la eficiencia estocástica con variabilidad temporal utilizando como variables explicativas el endeudamiento, el tamaño, la presencia de aerolíneas de “Low Cost” y la condición de aeropuerto turístico o no.

En el capítulo V se define el sistema portuario y – debido a la considerable diversidad de servicios portuarios existentes – se dividen las actividades portuarias en subsectores; concretamente: empresas consignatarias, estibadoras, operadores logísticos, pasaje, prácticos, recogida de deshechos y residuos, remolcadoras, sociedades de suministro de combustibles, transitarios y amarradores portuarios. Posteriormente se estima una función de producción para cada subsector en el período temporal 1993 a 2013, utilizando como determinantes de la eficiencia los cambios regulatorios acontecidos durante ese período: Ley 62/1997, de 26 de Diciembre; Ley 48/2003, de 26 de Noviembre y la Ley 33/2010, de 5 de agosto. Así se contrastará empíricamente el efecto de dichas regulaciones sobre la eficiencia técnica de los subsectores portuarios.

Finalmente, el capítulo VI se dedica a realizar unas conclusiones generales de la presente tesis doctoral sobre economía de la innovación y del transporte.

Capítulo II: Determinantes de la producción de innovación, eficiencia técnica y regiones europeas de Objetivo 1: (2007-2011)

RESUMEN

En esta investigación se propone una función de producción de innovación para las regiones europeas en el periodo 2007-2011 cuyos determinantes son el capital humano y el capital tecnológico público y privado. Se estima a partir de la función de producción la eficiencia técnica y se analiza si uno de los determinantes de la misma es la política para las regiones de Objetivo 1 frente a la política para el resto de regiones. Las estimaciones permiten determinar los inputs que resultan claves en el mecanismo regional europeo generador de innovaciones y que las regiones Objetivo 1 han crecido más rápidamente en eficiencia técnica que el resto de las regiones durante el periodo de la investigación.

PALABRAS CLAVE

Innovación, eficiencia, regiones, datos de panel, capital humano, capital tecnológico privado, capital tecnológico público, regiones Objetivo 1

1. Introducción

Se define el término innovar como mudar o alterar algo, introduciendo novedades. Este concepto así como el de empresario innovador, fueron introducidos por Schumpeter (1911), quien determinó que las innovaciones son fuente de crecimiento económico. De acuerdo a la tercera edición del Manual de Oslo (OECD, 2005), se define innovación en productos tecnológicos como la implantación de nuevos productos y procesos y las mejoras significativas en los mismos.

El propósito de este estudio es desarrollar un modelo teórico de los determinantes de la generación de innovación y obtener qué regiones resultan más técnicamente eficientes en su producción, para establecer una serie de recomendaciones de política económica y

social. Se motivará la necesidad de elaborar investigaciones para explicar el comportamiento de la innovación y la coherencia del presente análisis con anteriores trabajos científicos. También se justificará adecuadamente la elección de cada uno de los inputs productivos – y de sus indicadores – con una revisión de la literatura.

Seguidamente, se presentará la metodología a utilizar para la obtención de los resultados empíricos y se analizarán los datos utilizados citando su procedencia y presentando algunos estadísticos descriptivos básicos.

A continuación se estimará el modelo teórico y se efectuará un análisis de la eficiencia técnica estocástica dinámica de cada una de las citadas regiones.

Algunas regiones europeas que en el año 2000 poseían un cierto retraso respecto al comportamiento medio de la variable PIB han sido definidas como regiones objetivo 1. Tales regiones desde ese año con diferentes programas de fondos europeos se han beneficiado de apoyo a las inversiones en I+D, a la sociedad de conocimiento y la información, a las tecnologías de información y comunicación y a la innovación. Con la metodología diseñada contrastaremos empíricamente si tales regiones han ganado en eficiencia técnica en la producción de innovación o no en el periodo de estudio 2007-2011.

2. Revisión de literatura

Los estudios de corte macroeconómico sobre innovación y progreso tecnológico utilizando como inputs explicativos del progreso tecnológico variables relativas al capital público y privado en I+D, el avance tecnológico exterior, el nivel de capital humano y el marco institucional han recibido un gran impulso en los últimos años; no en vano, una serie de autores coinciden en que deben intensificarse los trabajos de investigación para identificar las características distintivas de la innovación (Wolfe, 1994; Drazin et al., 1996; Tidd, 2001). Porter (1990) sentencia que la ventaja competitiva de una nación sobre otra se basa en la innovación.

Como indicador de la innovación en esta investigación se utilizará la variable número de patentes. Una patente es una concesión de un derecho de propiedad a su inventor durante

un período de tiempo determinado. Se ha elegido esta variable debido a que existen numerosos trabajos que analizan económicamente la innovación mediante el uso de patentes (Griliches, 1979, 1998), ya que constituyen un poderoso indicador de los resultados de las actividades de I+D, dada su disponibilidad, objetividad, durabilidad y relación con la actividad inventiva. Esta elección no es novedosa, los primeros estudios que utilizaban las patentes como indicador del desarrollo tecnológico aparecieron durante los años sesenta del pasado siglo (Scherer, 1965; Schmoockler, 1966). El uso de esta variable tiene una serie de ventajas y desventajas (Baumert, 2006); entre las ventajas, cabe destacar que las patentes garantizan un nivel de originalidad y una alta probabilidad de convertirse en innovaciones, además de ser cuantificables y fácilmente comparables entre países. Por otro lado, presentan algunos inconvenientes, como el derivado de que esas patentes no se conviertan en innovaciones. En esta línea, Zoltan et al. (1988) plantearon la medición de la actividad innovadora de las empresas estadounidenses mediante el uso de patentes como indicador de la innovación, separando las empresas por el tamaño de su fuerza laboral y concluyendo que el gasto en I+D, el nivel de capital humano y la propiedad de las grandes empresas, tienen un efecto positivo sobre la actividad innovadora. También, en el trabajo de Cohen et al. (1989) se analiza la capacidad tecnológica y el aprendizaje en las empresas que desarrollan algún tipo de actividad innovadora, utilizando como variable dependiente la I+D.

La innovación da lugar a grandes beneficios empresariales y sociales, por lo que es altamente recomendable la inversión en actividades innovadoras en el seno de las empresas. Pero, existen interrogantes sobre qué y cómo se debe impulsar, cuestiones que dificultan las prácticas y políticas de innovación. Para medir la eficiencia de las actividades innovadoras, debe utilizarse como instrumento una serie de indicadores para cuantificar el alcance de las inversiones en este tipo de actividades. Los indicadores permiten describir mediante unidades de medida, compuestas o relativas, determinados fenómenos para el seguimiento y evaluación de las acciones desarrolladas.

Finalmente, quizá deban utilizarse nuevas metodologías para minimizar los inconvenientes del uso de las patentes como indicador (Buesa, M. et al., 2005), como el diseño del indicador de calidad “kal” que pondera una patente con mayor calidad cuando ha sido solicitada en la EPO y más aún cuando ha sido concedida en la EPO.

Como inputs en la producción de innovaciones se considerarán los capitales humano y tecnológico utilizados en la teoría del capital intelectual. Dicho concepto ha sido utilizado en varias investigaciones (Edvinsson et al., 1996; Bontis, 1998; Subramaniam et al., 2005; Cabrita et al., 2008, Silva Santos Rodrigues et alia, 2009), concluyendo que se compone de capital humano, capital estructural y capital relacional, explicando las relaciones existentes (Edvinsson et al., 1996; Ahuja, 2000; Nahapiet et al., 2002). Por su parte, Delgado et alia (2008, 2011) amplían los componentes de dicho capital, diferenciando entre capital humano, capital organizativo, capital tecnológico, capital relacional y capital social, partiendo del supuesto de que la innovación es un proceso basado esencialmente en el capital intelectual y encontrando influencia positiva de este capital en la generación de innovaciones, mientras que Ugalde (2011) destaca no solamente el desarrollo de cada uno de los componentes del capital intelectual sino la necesidad de interrelación entre ellos para favorecer el desarrollo de innovaciones.

Para concluir este epígrafe dedicado a la revisión literaria, deben citarse un conjunto de artículos científicos aplicando interrelaciones entre la innovación y los diferentes capitales utilizados para conjuntos de regiones, como los estudios de Beugelsdijk, S. et al. (2005 a, b) sobre el capital humano y el capital social y sobre los efectos de éste último en el crecimiento económico, para 54 regiones europeas. En el trabajo de Berry et al. (2005) se remarca la divergencia creciente de los niveles de Capital Humano y con ello de los niveles de crecimiento económico entre las regiones de Estados Unidos a lo largo de las pasadas décadas. Posteriormente, Semih et al. (2006) describieron la relación entre el capital social, la innovación y el crecimiento económico en 102 regiones europeas pertenecientes a un conjunto de catorce países, para el período 1999-2002. López-Bazo, E. et al. (2006) estudiaron el capital humano, capital tecnológico e I+D para las regiones españolas con el objeto de explicar la productividad de los factores y el progreso tecnológico. Krammer (2009) utiliza una función de producción para explicar el comportamiento de la innovación en las regiones europeas. Miguélez et al. (2008) analizan la producción de patentes a través de los gastos en I+D, el capital humano y una serie de características sociales y estructurales de cada región. Finalmente, Badiola et al. (2012a, 2012b, 2013, 2014, 2015) estiman los determinantes de la innovación en regiones europeas explicando las patentes mediante capital humano, capital tecnológico y capital relacional; mientras que Casares-Hontañón et al. (2015) hacen lo propio para el caso de países en la producción mundial de innovación.

3. Modelo

Se parte de un modelo teórico con una función de producción de innovación (1) del tipo Cobb-Douglas, en la que se explica la generación de innovaciones mediante un conjunto de factores explicativos como los capitales humano y tecnológico recogidos en la literatura tradicional y en investigaciones recientes:

$$I_{it} = e^{\beta_0} CH_{it}^{\beta_1} CT1_{it}^{\beta_2} CT2_{it}^{\beta_3} e^{\varepsilon_{it}} \quad (1)$$

Por simplicidad, se denota I_{it} a la innovación; CH_{it} al capital humano medido como la educación terciaria; $CT1_{it}$ al capital tecnológico medido como el gasto público en I+D; $CT2_{it}$ al gasto privado en I+D. Por su parte, ε_{it} es el término de error.

La ecuación (1) se linealiza logarítmicamente y es estimada haciendo uso de técnicas econométricas de datos de panel. Por ello, se llega a la expresión (2):

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT1_{it} + \beta_3 \ln CT2_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Dicha ecuación se estimará por máxima verosimilitud, descomponiendo el término de error ε_{it} en dos partes $\varepsilon_{it} = v_i + \mu_{it}$, donde v_i es una parte constante para cada región y una parte aleatoria μ_{it} que cumple los requisitos del error de MCO, obteniendo la ecuación (3):

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT1_{it} + \beta_3 \ln CT2_{it} + v_i + \mu_{it} \quad (3)$$

Por su parte, la eficiencia técnica es una medida de la obtención del máximo output posible dadas unas cantidades de inputs y unas relaciones productivas (Álvarez et alia, 2003). Puede utilizarse una función de producción frontera (Farrell, 1957), existiendo unidades técnicamente eficientes situándose por encima de dicha frontera frente a unidades técnicamente ineficientes situadas por debajo de la misma, obteniendo menor cantidad de output que el posible. El principal problema que surge es la elección de la función frontera, pudiendo diferenciar entre fronteras paramétricas determinísticas y estocásticas, y no paramétricas.

En una primera aproximación paramétrica, puede utilizarse una frontera determinística. Siguiendo a Aigner y Chu (1968), se considera una función de producción que se puede expresar como la ecuación (4):

$$y_{it} = f(x_{it}, \beta) e^{-u_{it}}, \text{ con } u_{it} \geq 0 \quad (4)$$

En donde y_{it} es la producción de la unidad productiva, x_{it} es un vector de inputs, β un vector de parámetros y u_{it} una perturbación aleatoria que se considera no negativa, resultado de las decisiones ineficientes de la región, en este caso. Para la estimación de la eficiencia técnica se considerara todo el error como ineficiencia técnica, de este modo puede estimarse como la expresión (5):

$$ET_{it} = \frac{y_{it}}{f(x_{it}, \beta)} = \frac{f(x_{it}, \beta) e^{-u_{it}}}{f(x_{it}, \beta)} = e^{-u_{it}} \quad (5)$$

La medida ET_{it} es una medida orientada hacia el output, y mide la proporción que representa la producción actual con respecto a la que se obtendría si la región utilizara sus recursos con eficiencia técnica.

Afriat (1972) supuso que las observaciones de los errores u_{it} son independientes e idénticamente distribuidos, siguiendo una distribución positiva de una sola cola y que los regresores x_{it} son exógenos y, por tanto, independientes de u_{it} , error aleatorio de shock exógenos y el error determinista de ineficiencia técnica están incluidos en u_{it} , para tener un modelo susceptible de ser estimado empleando la técnica econométrica de máxima verosimilitud. Por ello, puede utilizarse una estimación por el método de efectos fijos, pero truncando los errores en el valor 1 como máximo, ya que ninguna región puede generar innovación por encima de la frontera eficiente definida.

Otra aproximación es una metodología paramétrica también con una frontera determinística, estimada por mínimos cuadrados corregidos como la aproximación desarrollada por Greene (1980). Una vez estimado el modelo original, se obtienen los residuos de la regresión. Posteriormente, se corrige la estimación del término constante, β_0 , añadiéndole el mayor valor positivo de los residuos, para precisamente utilizar este nuevo intercepto junto con los coeficientes estimados, con el objetivo de poder calcular unos nuevos valores ajustados de la producción de innovaciones, que serán la función

frontera determinística a considerar y así calcular la eficiencia técnica como la ecuación (6):

$$0 \leq ET_{it} = \frac{I_{it}}{\hat{I}_{it}^*} \leq 1 \quad (6)$$

Siendo \hat{I}_{it}^* los nuevos valores ajustados, añadiéndole el mayor valor positivo de los residuos al término constante β_0 .

Por último, podemos utilizar fronteras estocásticas en vez de determinísticas, así Aigner et al. (1977), Meeusen et al. (1977), Chamberlain (1980) y Schmidt et al. (1984) consideran que el proceso de producción está sujeto a dos tipos de perturbaciones aleatorias distintas: un ruido blanco y un componente asimétrico. El primero recoge los efectos aleatorios que pueden registrarse en la producción de innovaciones – en nuestro análisis – y no están bajo el control de la unidad de decisión. El segundo recoge la ineficiencia técnica de las observaciones a través de la distancia al valor óptimo de la frontera. El modelo que se plantea es una función de producción de innovación del tipo (7):

$$Y_{it} = x_{it}\beta + v_{it} - \eta_{it} \quad \text{En donde } \eta_{it} \geq 0 \quad (7)$$

Tanto Batesse et al. (1992) como Kumbhakar (1990) emplean el método de máxima verosimilitud en la estimación, asumiendo independencia entre la eficiencia técnica y los regresores, y considerando que el componente del error v_{it} representa la perturbación simétrica, y se supone que se distribuye idéntica e independientemente como una $N(0, \sigma_v^2)$ y que el término de ineficiencia se distribuye según una normal truncada $N^+(\mu, \sigma_u^2)$ en el caso de los primeros y una seminormal $N^+(0, \sigma_u^2)$ para el último. Debido a que este término del error recoge los efectos individuales específicos de cada unidad productiva que capturan los efectos latentes no observables de cada unidad productiva, para recoger los efectos individuales (η_{it}) se puede introducir una variable dummy para cada unidad productiva. Estos efectos individuales son interpretados en la literatura científica como índices de eficiencia: técnica en la función de producción y económica en la función de costes. Pueden calcularse como $\exp(\alpha_i - \text{máx}(\alpha_i))$, para una función de producción; en donde α_i es el coeficiente estimado para la dummy (i) del que

se sustrae el valor máximo del coeficiente estimado para esta variable ficticia. Según este método, la unidad productiva más eficiente tomará el valor unidad. Las diferencias entre los distintos índices tratan de explicar las diferencias de eficiencia entre las distintas unidades productivas.

Finalmente, Battese et al. (1995) presentaron un marco teórico para estimar la eficiencia técnica con fronteras de producción estocástica para datos de panel. Parten de una frontera estocástica de producción como la siguiente (8):

$$Y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (8)$$

Donde Y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción. La ineficiencia técnica, u_{it} , puede especificarse de la siguiente forma (9):

$$u_{it} = z_{it}\delta + W_{it} \quad (9)$$

En donde se define W_{it} como el truncamiento de la distribución normal con media cero y varianza constante tal que el punto de truncamiento es $-z_{it}\delta$ tal que $W_{it} \geq -z_{it}\delta$. Utilizando un método de máxima verosimilitud, estos autores estiman la eficiencia técnica a partir de la ecuación (10):

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (10)$$

En la presente investigación, se utilizará esta última metodología de cálculo de eficiencia técnica estocástica dinámica desarrollada por Battese et al. en 1995, por lo que se partirá de la siguiente frontera estocástica de producción (11):

$$Y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (11)$$

Donde Y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs que incluye el capital humano y los dos capitales tecnológicos; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos como

una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción de patentes en las regiones consideradas. Así, se estimará por máxima verosimilitud la ecuación de regresión (3) descrita anteriormente:

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT1_{it} + \beta_3 \ln CT2_{it} + v_i + \mu_{it} \quad (3)$$

Donde v_i y u_{it} son los términos descritos anteriormente. Además, se obtendrán γ , σ^2 y τ , la media, la varianza y una tendencia temporal. Finalmente, especificando la ineficiencia técnica como $u_{it} = z_{it} \delta + W_{it}$, se calculará la eficiencia técnica estocástica como la expresión (12):

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it} \delta - W_{it}) \quad (12)$$

En donde W_{it} es el punto de truncamiento de la distribución normal tal que $W_{it} \geq -z_{it} \delta$.

4. Datos

Se utilizarán un conjunto de inputs como factores explicativos de la innovación que se aproximarán mediante una serie de indicadores que se muestran en la Tabla 2.1 y que han sido obtenidos del Regional Innovation Scoreboard (RIS), publicado recientemente por la Comisión Europea. Esta publicación contiene un conjunto de doce indicadores relativos a innovación, con el fin de poder realizar un seguimiento de las innovaciones en las regiones europeas.

Para el caso de la variable a explicar se usará el número de patentes por mil millones del PIB como aproximación de la innovación. En cuanto a las variables independientes, se utilizará el porcentaje de población entre 25 y 64 años que posee un título universitario, ya que esta es la única variable relativa a capital humano que ofrece esta última edición de la publicación de la Comisión Europea; frente a la existencia en anteriores publicaciones del RIS de otro indicador relativo al capital humano, como era el

aprendizaje a lo largo de la vida. Por su parte, el capital tecnológico, se aproximará utilizando valores relativos a la financiación tanto privada como pública del gasto en I+D, medida en porcentaje del PIB; obviando el sesgo, por la disponibilidad de los datos, de que el gasto privado incluye también una parte de gasto público, debido a la existencia tanto de empresas privadas como de empresas públicas.

Tabla 2.1: Variables utilizadas

Variable	Proxy	Explicación	Fuente (Periodo)
Innovación	European Patent Office (EPO) applications per billion GDP (in PPP€)	Número de patentes por mil millones del PIB.	RIS (2007-2011)
Capital Humano	Population with tertiary education per 100 population aged 25-64	Porcentaje de población con edades comprendidas entre los 25 y los 64 años que tiene un título universitario.	RIS (2007-2011)
Capital Tecnológico	Business R&D expenditures (% of GDP)	Inversión privada en I+D en porcentaje del PIB.	RIS (2007-2011)
	Public R&D expenditures (% of GDP)	Inversión pública en I+D en porcentaje del PIB	RIS (2007-2011)

FUENTE: Elaboración propia.

El citado informe sobre la innovación en las regiones Europeas aporta estadísticas para los años 2007, 2009 y 2011, por lo que los datos relativos a los años 2008 y 2010 han tenido que generarse artificialmente utilizando una media aritmética de los años 2007 y 2009 para 2008; y de 2009 y 2011 para el caso de 2010. Además, los datos originales presentaban valores comprendidos entre 0 y 1; por lo que para minimizar los problemas derivados de la necesidad de transformar logarítmicamente los mismos para estimar la función de producción de innovaciones, se han re-escalado entre 0 y 100 mediante una simple multiplicación por cien. En la Tabla 2.2 se muestran los estadísticos descriptivos de dichas variables.

Tabla 2.2: Estadísticos descriptivos

Num. de regiones	Num. de observaciones	Variable	Media	Desv. Std.	Mínimo	Máximo
164	813	EPO	40,48	17,82	6,50	100,00
		TerEd	51,37	17,77	15,00	100,00
		BusinessRD	41,49	19,89	2,00	100,00
		PublicRD	39,93	18,21	1,00	100,00

FUENTE: Elaboración propia.

5. Resultados

En este apartado se va a estimar el modelo descrito anteriormente haciendo uso de la información estadística disponible y el software libre R. Así, se estima la ecuación de regresión (3) elegida anteriormente mediante el estimador de máxima verosimilitud para datos de panel:

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT1_{it} + \beta_3 \ln CT2_{it} + v_i + \mu_{it} \quad (3)$$

Obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 2.3 y la siguiente ecuación de valores ajustados (13) para la generación de innovación:

$$\hat{\ln I}_{it} = 4.110 + 0.0703 \ln CH_{it} + 0.2765 \ln CT1_{it} + 0.0457 \ln CT2_{it} \quad (13)$$

(0.030)*** (0.034)* (0.031)** (0.018)*

Tabla 2.3: Estimación

Variable	Estimación por Máxima Verosimilitud	
	Coefficiente	Std Error
Constante	4,1100	(0,030)***
TerEd	0,0703	(0,034)*
BusinessRD	0,2765	(0,031)***

PublicRD	0,0457	(0,018)*
$\sigma^2=\sigma_v^2+\sigma_\mu^2$	0,0859	(0,017)***
γ	0,7410	(0,101)***
Log (likelihood)		48,7507

FUENTE: Elaboración propia. 0 ‘***’, 0.01 ‘**’, 0.05 ‘*’, 0.10 ‘’

Todas las variables explicativas resultan significativas de manera conjunta e individual al 5%. Además todos los parámetros son positivos y contribuyen al mecanismo generador de innovaciones en las regiones europeas. Por otro lado, en la Tabla 2.4 se muestran los contrastes de hipótesis para la estimación de la eficiencia estocástica dinámica, obtenida de acuerdo al modelo de Battese et al. (1995), como la expresión (12).

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (12)$$

Tabla 2.4: Contraste de hipótesis de los parámetros

Test	Hip. Nula	χ^2 -estadist.	Decisión
Individual/Time Effects (Gourieroux, 1982)	No time effects	1459,08***	Rechazar H ₀
Fixed/Random model (Hausman,1978)	Fixed=Random	1256,76***	Rechazar H ₀
Serial correlation (Wooldridge, 2002)	No serial correlation	424,27***	Rechazar H ₀
Stochastic Effect	$\gamma = 0$	791,6 ***	Rechazar H ₀
TIE Model	$\gamma = \delta_{1-9} = 0$	1402,6***	Rechazar H ₀
Inefficiency effects	$\gamma = \delta_{1-9} = 0$	617,25 ***	Rechazar H ₀

FUENTE: Elaboración propia. 0 ‘***’, 0.01 ‘**’, 0.05 ‘*’, 0.10 ‘’

Tabla 2.5: Determinantes de la eficiencia técnica (periodo 2007-2011)

Constante	1,2485	(0,131)***
Objetivo1	0,0613	(0,025)*
Densidad de población	0,0175	(0,011) ‘’
Dispersión	0,0072	(0,001)***

FUENTE: Elaboración propia. Signif. codes: 0 ‘***’, 0.01 ‘**’, 0.05 ‘*’, 0.10 ‘’

Tabla 2.6: Listado de variables explicativas de la Tabla 2.5

Determinantes de la eficiencia	Tipo de variable	Medida
Objetivo1	Dummy	Objetive 1 region=1; Non Objetive 1 region=0
Densidad de población	Value	Population density - NUTS 3 regions
Dispersión	Value	Dispersion of regional GDP by NUTS 3 regions (%)

FUENTE: Elaboración propia. 0 ‘***’, 0.01 ‘**’, 0.05 ‘*’, 0.10 ‘’

La Tabla 2.5 recoge como determinante positivo de la eficiencia técnica de la producción el pertenecer a las regiones objetivo 1 de la Unión Europea. También se recoge los efectos positivos de las variables control densidad de población y de la dispersión regional del PIB. Además del total de regiones, se han estimado otros dos modelos, uno para las regiones que son objetivo 1 dentro del programa de convergencia, competitividad y cooperación territorial de la Unión Europea y otro para las que no. A partir de estos resultados se ha realizado la Tabla 2.7 en donde se muestran los valores medios de eficiencia estocástica dinámica obtenidos mediante la estimación por máxima verosimilitud. Puede observarse el efecto de la crisis económica que afecta a la producción de innovación, ya que los valores decrecen entre 2007 y 2008, mostrando después una lenta recuperación. Dicho modelo se ha estimado introduciendo una variable dummy.

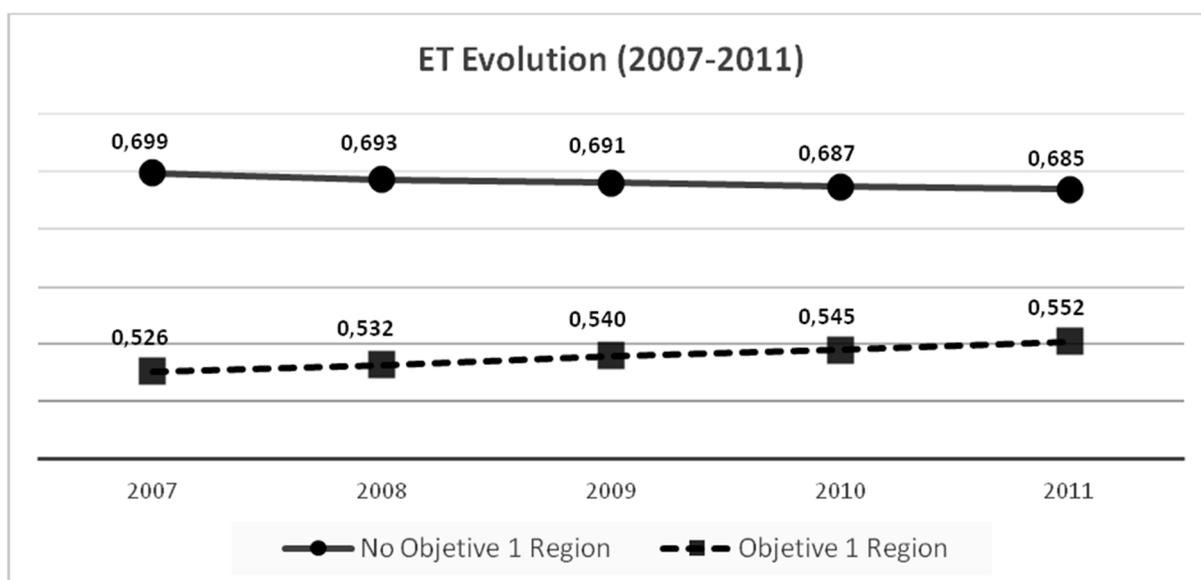
Tabla 2.7: Eficiencia técnica periodo 2007-2011

	Media	2007	2008	2009	2010	2011
Total	0,642	0,650	0,638	0,639	0,639	0,644
Región No Objetivo 1	0,691	0,699	0,693	0,691	0,687	0,685
Región Objetivo 1	0,539	0,526	0,532	0,540	0,545	0,552

FUENTE: Elaboración propia.

En la Figura 2.1 puede observarse la tendencia creciente de las regiones que sí son objetivo 1 frente a la tendencia decreciente de aquellas que no lo son.

Figura 2.1: Evolución de la eficiencia técnica (2007-2011)



FUENTE: Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 2.8 del Anexo se presentan los resultados de eficiencia técnica estocástica dinámica para cada una de las regiones consideradas en la presente investigación. En la Tabla 2.8 del Anexo puede observarse que resultan más eficientes la región holandesa Noor Brabant, las alemanas Baden Württemberg, Rheinland Pfalz, Bayern, Nordrhein Westfalen, Saarland, Hessen y Schleswig Holstein, las regiones suecas de Sydsverige y Östra Mellansverige, la danesa Hovedstaden y la austriaca Westösterreich.

Por otro lado, son menos eficientes técnicamente en la producción de innovaciones, la región eslovaca Stredné-Slovensko, el archipiélago español Canarias, las regiones

polacas Slaskie, Pomorskie, las regiones Hedmark og Oppland y Nord Norge pertenecientes a Noruega y las rumanas Nord Est, Vest, Nord Vest, Bucuresti Ilfov, Sud Vestltenia, Centru, Sud Est y Sud Muntenia.

6. Conclusiones

En esta investigación se ha propuesto una función de producción de innovación, utilizando una forma funcional Cobb-Douglas, con los capitales humano y tecnológico – dos indicadores para este último de inversiones públicas y privadas en el mismo– como inputs, con un total de tres variables explicativas. Haciendo uso de la información estadística que ofrece la Comisión Europea para realizar un seguimiento de la innovación en las regiones europeas, se ha contrastado dicha función de producción con buenos resultados. Una vez obtenida la función de producción con buenos resultados se ha procedido a estimar la eficiencia técnica de la producción de innovaciones en las regiones europeas y sus correspondientes determinantes.

La función de producción de innovaciones estimada presenta los resultados esperados; la innovación, aproximada por el número de patentes se explica bien por los dos factores determinantes anteriormente definidos: capital humano y capital tecnológico. Se ha considerado como proxy del capital humano la educación terciaria. También se ha considerado la inversión pública y privada en I+D como proxy del capital tecnológico. Todos los coeficientes estimados son significativos y tienen signo positivo, siendo el gasto privado en I+D el que mayor peso tiene. Es relevante la importancia del sector privado en la generación de innovaciones, dado el alto peso del gasto privado en investigación y desarrollo. Los tres factores productivos resultan relevantes en la generación de patentes.

Así, se han estimado los determinantes de la innovación para el total de las regiones europeas, obteniéndose los resultados esperados acordes a anteriores investigaciones. Por ello, para impulsar la innovación deben incentivarse medidas que permitan a un mayor porcentaje de población la obtención de un título universitario, así como el incremento del porcentaje sobre el PIB del gasto tanto público como privado en I+D.

Por otra parte, se ha estimado la eficiencia técnica en la producción de innovaciones en las regiones europeas. Es destacable la gran concentración de eficiencia en regiones centroeuropeas, en mayoría alemanas. Puede observarse el contraste entre la concentración de las regiones centroeuropeas más técnicamente eficientes en la generación de innovaciones frente a las menos eficientes situadas en países de nueva adhesión a la Unión Europea como Polonia o Rumanía.

Posteriormente se ha estudiado el efecto de las políticas de apoyo a las regiones europeas de Objetivo 1 frente a las regiones que están fuera de tal objetivo. Los resultados muestran que las regiones de Objetivo 1 aunque tienen menores niveles de eficiencia media tienen un crecimiento significativo medio de 0,522 a 0,566 en la producción de innovaciones a lo largo del periodo de estudio de 2007-2011. Sin embargo, las regiones que no se han beneficiado de las políticas de apoyo concedidas a las regiones Objetivo 1 tienen un descenso de eficiencia técnica media de 0,699 a 0,655.

7. Referencias

Ahuja, G. (2000): "Collaboration networks, structural holes, and innovation: A longitudinal study". *Administrative Science Quarterly*, 45, 3, 425-455.

Afriat, S. N. (1972): "Efficiency estimation of production functions". *International Economic Review*, 13, 568-498.

Aigner, D., Lovell, C. A. K. y Schmidt, P. (1977): "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.

Aigner, D.J. y Chu. S. F. (1968): "On estimating the industry production function". *American Economic Review*. 58, 826-839.

Álvarez, A., Arias, C. y Orea, L. (2003): *Introducción al análisis empírico de la producción*. Universidad de Oviedo.

Badiola-Sánchez, A. y Coto-Millán, P. (2012a): "Determinants of technical efficiency and technological innovation of european regions in the period 2002-2006". *Journal of Business Management and Applied Economics*; 1(5):36-59.

Badiola, Alfonso; Casares-Hontañón, Pedro; Coto-Millán, Pablo y Pesquera, M.A. (2012b): Networks and Innovation: An Economic Model for European regions (2002-2006). *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*; 2 (5).

Badiola-Sánchez, Alfonso y Coto-Millán, Pablo (2013): “Creativity, innovation and technical efficiency: An analysis from the nordic countries and the atlantic arc”. *The IUP Journal of Knowledge Management*, 11 (1), 58-71.

Badiola-Sánchez, A., Casares-Hontañón, P., De Castro, P., Coto-Millán, P. y Pesquera, M. A. (2014): The impact of social networks on innovation: The case of European regions. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 4(1.1).

Badiola-Sánchez A y Coto-Millán P. (2015): Scientific Capital as the Engine of Innovation Generation in the European Regions. *The IUP Journal of Knowledge Management*. January 2015; 13(1):25-32.

Baumert, T. (2006): “*Los determinantes de la innovación. Un estudio aplicado sobre las regiones de la Unión Europea*”. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1992): “Frontier production functions, technical efficiency and panel data, with application to paddy farmers in India”. *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.

Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1995): “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”. *Empirical Economics*, 20: 325-332.

Berry, C. R. y Glaeser, E. L. (2005): “The divergence of human capital levels across cities”. Harvard Institute of Economic Research Discussion Paper No. 2091.

Beugelsdijk, S. y Van Schaik, T. (2005a): “Differences in social capital between 54 Western European regions”. *Regional Studies*, 39(8), 1053–1064.

Beugelsdijk, S. y Van Schaik, T. (2005b): “Social capital and growth in European regions: an empirical test”. *European Journal of Political Economy* 21, 301–324.

Bontis, N. (1998): "Intellectual capital: an exploratory study that develops measures and models". *Management Decision*, 36, 63–76.

Buesa Blanco, M. y Hernández Cerdán, J. (2005): Análisis de la innovación a través de las patentes. *Estudios de Economía Aplicada*. Vol. 23-3.

Cabrita, M.R. y Bontis, N. (2008): "Intellectual capital and business performance in the portuguese banking industry". *International Journal of Technology Management*, 43, 212–237.

Casares-Hontañón, P., Coto-Millán, P., Agueros, M. y Badiola, A. (2015): "World production of innovation: a study of its technical efficiency (2000-2009)". *International Journal of Manufacturing Technology and Management*. En imprenta.

Chamberlain, G. C. (1980): "Analysis of covariance with qualitative data". *Review of Economic Studies*, 47, 225-238.

Cohen, W. M. y Levinthal, D. A. (1989): "Innovation and learning: the two faces of R&D". *The Economic Journal*, 99, 357: 569-596.

Delgado Verde, M., Navas López, J.E., Martín de Castro, G. y López Sáez, P. (2008): "La innovación tecnológica desde el marco del capital intelectual". Cuadernos de Trabajo, 4. Escuela Universitaria de Estadística. Universidad Complutense de Madrid.

Delgado Verde, M., Navas López, J.E., Martín de Castro, G. y López Sáez, P. (2011): "Capital social, capital relacional e innovación tecnológica. Una aplicación al sector manufacturero español de alta y media-alta tecnología". *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14, 207-221.

Drazin, R. y Schoonhoven, C. B. (1996): "Community, Population, and Organization Effects on Innovation: A Multilevel Perspective". *Academy of Management Journal*, 39, 1056-1083.

Edvinsson, L. y Sullivan, P. (1996): "Developing a model for managing intellectual capital". *European Management Journal*, 14, 356–364.

Farrell, M. J. (1957): "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, A*, 120, 53-281.

Greene, W. H. (1980): "Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions". *Journal of Econometrics*, 13, 27-56.

Griliches, Z. (1979): "Issues in assessing the contribution of research and development productivity growth". *Bell Journal of Economics*, 10, 1-12.

Griliches, Z. (1998): "*R&D and Productivity: The Econometric Evidence*". University of Chicago Press.

Krammer, S. (2009): "Drivers of national innovation in transition: Evidence from a panel of Eastern European countries". *Research Policy*, 38(5), 845-860.

Kumbhakar, S. C. (1990): "Production frontiers, panel data, and time-varying technical efficiency". *Journal of Econometrics*, 46, 201-212.

López-Bazo, E., Requena, F. y Serrano, G. (2006): "Complementarity between local knowledge and internationalization in regional technological progress". *Journal of Regional Science*, 46(5), 901-929.

Meeusen, W. y van den Broeck, J. (1977): "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error". *International Economic Review*, 18(2), 435-444.

Miguélez, E. y Moreno, R. (2008): "Does social and human capital reinforce each other in the creation of knowledge? Evidence from Spanish regions". Universidad de Barcelona.

Nahapiet, J. y Ghoshal, S. (2002): "Social capital, Intellectual Capital, and the organizational advantage". *The Strategic Management of Intellectual Capital and Organizational Knowledge*, 673-698. Oxford University Press, New York.

OECD (2005): "*Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*". France: European Communities. The measurement of scientific and technological activities.

- Porter, M. E. (1990): *“The Competitive Advantage of Nations”*. Free Press. New York.
- RIS (2012): *“Regional Innovation Scoreboard”*. European Comission. Bruxelles.
- Scherer, F.M. (1965): “Firm size, market structure, opportunity and the output of patented inventions”. *American Economic Review*, 55 (5), 574-592.
- Schmidt, P. y Sickles, R. (1984): “Production frontiers and panel data”. *Journal of Business and Economic Statistics*. 2, 4: 367-374.
- Schmookler, J. (1966): *“Invention and economic growth”*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Schumpeter, J. A. (1911): *“The Theory of Economic Development”*. Oxford University Press, Nueva York.
- Semih, I. y ver Weel, B. (2006): “Social Capital, Innovation and Growth: Evidence from Europe”. *United Nations University. Working paper series*.
- Silva Santos Rodrigues, H.M., Figueroa Dorrego, P. F. y Fernández-Jardón Fernández, C.M. (2009): *“La influencia del capital intelectual en la capacidad de innovación de las empresas del sector de la automoción de la eurorregión Galicia Norte de Portugal”*. Universidad de Vigo. Cátedra Eurorrexión Galicia – Norte de Portugal.
- Subramaniam, M. y Youndt, M.A. (2005): “The influence of intellectual capital on the types of innovative capabilities”. *Academy of Management Journal*, 48, 450–463.
- Tidd, J. (2001): “Innovation management in context: environment, organization and performance”. *International Journal of Management Review*, 3(3), 169-183.
- Ugalde Binda, N. (2011): “Capital intelectual e innovación: Una sinergia necesaria”. *Ciencias Económicas*, 29(2), 463-474.
- Wolfe, R. A. (1994): “Organizational innovation: review, critique and suggested research”. *Journal of Management Studies*, 31(3), 405-431.
- Zoltan, J.A. y Audretsch, D.B. (1988): “Innovation in large and small firms: an empirical analysis”. *American Economic Review*, 78(4), 678-690.

8. Anexo

Tabla 2.8: Eficiencia técnica de las regiones europeas

Región	Eficiencia Técnica Media
Noord-Brabant	0,96
Baden-Württemberg	0,95
Rheinland-Pfalz	0,95
Bayern	0,95
Nordrhein-Westfalen	0,92
Sydsverige	0,92
Saarland	0,92
Hessen	0,91
Schleswig-Holstein	0,91
Östra-Mellansverige	0,90
Hovedstaden	0,90
Westösterreich	0,90
Limburg	0,89
Brandenburg	0,89
Etelä-Suomi	0,88
Berlin	0,88
Västsverige	0,88
Veneto	0,88
Stockholm	0,88
Länsi-Suomi	0,88
Sjælland	0,87
Centre-Est	0,87
Emilia-Romagna	0,87
Bolzano/Bozen	0,86
Niedersachsen	0,86

Midtjylland	0,85
Thüringen	0,84
Norra-Mellansverige	0,84
Lombardia	0,84
Småland-med-öarna	0,83
Friuli-Venezia-Giulia	0,83
Gelderland	0,83
Drenthe	0,83
Vlaams-Gewest	0,83
Syddanmark	0,83
Est	0,82
Övre-Norrland	0,81
Overijssel	0,81
Nordjylland	0,81
Hamburg	0,80
Zuid-Holland	0,80
Utrecht	0,80
Île-de-France	0,80
Région-Wallonne	0,79
Piemonte	0,79
Pohjois-Suomi	0,79
Ostösterreich	0,79
Marche	0,79
Mellersta-Norrland	0,79
Zeeland	0,78
South-East	0,78
Südösterreich	0,77
Noord-Holland	0,77
Groningen	0,76

Mecklenburg-Vorpommern	0,76
Ouest	0,76
Bassin-Parisien	0,76
East-of-England	0,76
Friesland	0,75
Sachsen	0,75
Toscana	0,73
Umbria	0,73
Vzhodna-Slovenija	0,73
Trento	0,72
Méditerranée	0,72
South-West	0,71
East-Midlands	0,71
Flevoland	0,71
North-East	0,71
Liguria	0,71
Sachsen-Anhalt	0,71
Yorkshire-and-The-Humber	0,70
Bremen	0,70
Border, Midland-and-Western	0,69
Sud-Ouest	0,69
Scotland	0,68
West-Midlands	0,68
Nord-Pas-de-Calais	0,68
Jadranska-Hrvatska	0,67
Navarra	0,67
Cataluña	0,66
Région-de-Bruxelles-Capitale	0,66
Wales	0,65

Zahodna-Slovenija	0,65
Abruzzo	0,64
Valle-d'Aosta/Vallée-d'Aoste	0,63
North-West	0,63
Közép-Magyarország	0,62
London	0,60
Aragón	0,60
Northern-Ireland	0,59
Sardegna	0,59
País-Vasco	0,59
Southern-and-Eastern	0,58
Calabria	0,58
Lazio	0,58
Dél-Dunántúl	0,58
Attiki	0,57
Severovýchod	0,57
Oslo-og-Akershus	0,56
Puglia	0,55
Nisia-Aigaiou,-Kriti	0,54
Kentriki-Ellada	0,54
Comunidad-Valenciana	0,53
Strední-Morava	0,53
Voreia-Ellada	0,52
Jihovýchod	0,52
Madrid	0,52
Východné-Slovensko	0,52
Észak-Magyarország	0,52
Bratislavský-kraj	0,51
Dél-Alföld	0,50

Basilicata	0,50
Algarve	0,49
Sør-Østlandet	0,49
Norte	0,49
Moravskoslezsko	0,48
Vestlandet	0,48
Principado-Asturias	0,47
Lódzkie	0,47
Praha	0,47
Strední-Cechy	0,47
Malopolskie	0,47
Agder-og-Rogaland	0,47
Centro	0,47
Trøndelag	0,47
Sicilia	0,47
Campania	0,47
Castilla-la-Mancha	0,46
Közép-Dunántúl	0,46
Murcia	0,46
Nyugat-Dunántúl	0,46
Castilla-León	0,46
Cantabria	0,46
Illes-Balears	0,45
Jihozápad	0,45
Dolnoslaskie	0,45
Severozápad	0,45
Podkarpackie	0,44
Severna-i-iztochna-Bulgaria	0,44
Západné-Slovensko	0,44

Észak-Alföld	0,44
Galicia	0,43
Lisboa	0,43
Yugozapadna-i-yuzhna-tsentralna-Bulgaria	0,42
Wielkopolskie	0,41
Alentejo	0,41
Andalucía	0,41
Mazowieckie	0,40
Lubelskie	0,40
Stredné-Slovensko	0,39
Slaskie	0,38
Canarias	0,37
Hedmark-og-Oppland	0,37
Pomorskie	0,37
Nord-Est	0,37
Vest	0,35
Nord-Norge	0,34
Nord-Vest	0,34
Bucuresti-Ilfov	0,34
Sud-Vestltenia	0,33
Centru	0,30
Sud-Est	0,25
Sud-Muntenia	0,20

FUENTE: Elaboración propia.

Capítulo III: Determinantes de la innovación y eficiencia técnica en las regiones españolas (2004-2011)

RESUMEN

En esta investigación, a partir de información estadística proporcionada por la Comisión Europea para el período 2004 a 2011, se contrastan empíricamente los determinantes de la innovación en las regiones españolas y se elabora un ranking con los diferentes valores de eficiencia técnica en la generación de innovaciones para tales regiones. Se obtiene que los capitales humano y tecnológico resultan claves en el mecanismo generador de innovaciones y que las regiones de País Vasco, Navarra, Cataluña y Aragón son más eficientes técnicamente que el resto para el periodo de estudio. Además las regiones españolas con políticas de Objetivo 1 se muestran con influencia positiva en la eficiencia técnica de la producción de innovación. Las políticas de apoyo de los programas de fondos europeos a las regiones españolas de Objetivo 1 han tenido efectos positivos en términos de eficiencia técnica en la producción de innovación.

PALABRAS CLAVE

Innovación, eficiencia, regiones, datos de panel, capital humano, capital tecnológico, regiones españolas Objetivo 1.

1. Introducción

En el presente capítulo se utilizarán los recientes datos sobre innovación que proporciona la Comisión Europea en el período 2004 a 2011 para las regiones españolas. Se define el término innovar como mudar o alterar algo, introduciendo novedades. Este concepto así como el de empresario innovador, fueron introducidos en el estudio de desarrollo económico elaborado por Schumpeter (1911), quien determinó que las innovaciones son fuente de crecimiento económico. De acuerdo a la tercera edición del Manual de Oslo

(OECD, 2005), se define innovación en productos tecnológicos como la implantación de nuevos productos y procesos y las mejoras significativas en los mismos. Si dicha innovación ha sido introducida en el mercado se denomina innovación de producto, mientras que si ha sido utilizada dentro de un proceso productivo se denomina innovación de proceso. Por ello, se considera como empresa innovadora aquella que ha implantado productos o procesos productivos con mejoras significativas, mostrando la relación entre los productos o procesos patentados y la innovación

El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo teórico de generación de innovaciones que será contrastado empíricamente, con el objeto de poder determinar cuáles son los determinantes de la innovación y qué regiones españolas resultan más técnicamente eficientes produciendo las mismas, para así poder establecer una serie de recomendaciones de política económica y social. Así, algunas regiones europeas que en el año 2000 poseían un cierto retraso respecto al comportamiento medio europeo de las principales macromagnitudes han sido definidas como regiones de Objetivo 1. Tales regiones desde ese año con diferentes programas de fondos europeos se han beneficiado de apoyo a las inversiones en I+D, a la sociedad de conocimiento y de la información, a las tecnologías de información y comunicación y a la innovación. Con la metodología diseñada contrastaremos empíricamente si tales regiones españolas han contribuido positivamente a la eficiencia técnica en la producción de innovación o no en el periodo de estudio 2004-2011.

En el segundo apartado de revisión literaria se examinará como los diferentes autores han sentido la necesidad de elaborar investigaciones mediante el uso de instrumentos del análisis económico para explicar el comportamiento de la innovación. También se justificará adecuadamente la elección de cada uno de los inputs productivos con una revisión del estado del arte desde los inicios de la teoría económica hasta nuestros días, así como la elección de cada uno de los indicadores de los factores productivos utilizados.

En el tercer apartado se ofrece el modelo teórico a utilizar para la contrastación de los resultados empíricos.

Seguidamente, en el cuarto apartado se presentarán los datos utilizados citando su procedencia y presentando algunos estadísticos descriptivos básicos.

A continuación en el apartado quinto se ofrecerán los resultados del modelo teórico elegido para contrastar los determinantes de la innovación en las regiones españolas y se efectuará un análisis de la eficiencia técnica estocástica dinámica de cada una de las citadas regiones. Finalmente, en el sexto y último apartado se presentarán las principales conclusiones de este tercer capítulo de la tesis.

2. Revisión de literatura

En el presente trabajo se va a plantear un mecanismo de generación de innovación basado en técnicas econométricas de datos panel, lo cual es útil para efectuar políticas científicas y tecnológicas (Buesa et al, (2004 y 2005). A este fin, se utilizará una función de producción para explicar el comportamiento de la generación de innovaciones, como lleva haciéndose desde finales la década de 1980 (Fuentes, 2009). Es relevante el análisis que se realizará, debido que los estudios de corte macroeconómico sobre innovación y progreso tecnológico utilizando como inputs explicativos del progreso tecnológico variables relativas al capital público y privado en I+D, el avance tecnológico exterior, el nivel de capital humano y el marco institucional han recibido un gran impulso en los últimos años (Myro, 2010); no en vano, una serie de autores coinciden en que deben intensificarse los trabajos de investigación para identificar las características distintivas de la innovación (Wolfe, 1994; Drazin et al., 1996; Tidd, 2001),

Se estimará una función de producción de innovaciones utilizando un conjunto de inputs aproximados por una serie de indicadores, que se comentarán y justificarán posteriormente. Como indicador de la innovación, se va a utilizar la variable número de patentes. Una patente es una concesión de un derecho de propiedad al inventor de la misma, durante un período de tiempo determinado. La defensa de este tipo de derechos de propiedad difiere en cada país en función de la medida en que la innovación determine el crecimiento económico. Se ha elegido esta variable debido a que existen numerosos trabajos que analizan económicamente la innovación mediante el uso de las patentes (Griliches, 1979 y 1998), ya que constituyen un poderoso indicador de los resultados de las actividades de I+D, dada su disponibilidad, objetividad, durabilidad y relación con la actividad inventiva (Rivas et al., 2000). Esta elección no es novedosa, ya que los primeros estudios que utilizaban las patentes como indicador del desarrollo tecnológico aparecieron durante los años sesenta del pasado siglo (Scherer, 1965; Schmoockler,

1966). El uso de esta variable tiene una serie de ventajas y desventajas (Baumert, 2006); entre las ventajas, cabe destacar que las patentes garantizan un nivel de originalidad y una alta probabilidad de convertirse en innovaciones, además de ser cuantificables y fácilmente comparables entre países. Por otro lado, presentan algunos inconvenientes, como el derivado de que esas patentes no se conviertan en innovaciones. En esta línea, Zoltan et al, (1988) plantearon la medición de la actividad innovadora de las empresas estadounidenses mediante el uso de las patentes como indicador de la innovación, separando las empresas por el tamaño de su fuerza laboral y concluyendo que el gasto en I+D, el nivel de capital humano y la propiedad de las grandes empresas, tienen un efecto positivo sobre la actividad innovadora. También, en el trabajo de Cohen et al. (1989) se analiza la capacidad tecnológica y el aprendizaje en las empresas que desarrollan algún tipo de actividad innovadora, utilizando como variable dependiente la I+D.

El primer país que utilizó estadísticas sobre ciencia, tecnología e innovación fue la Unión Soviética durante los años 30 del pasado siglo. En la siguiente década, Estados Unidos comenzó a recopilar datos estadísticos sobre estas actividades. Después de la Segunda Guerra Mundial, a iniciativa de estados y algunas instituciones internacionales como la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) y la Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) la realización de bases estadísticas sobre ciencia y tecnología toma gran fuerza. Dadas las distintas metodologías de obtención de datos en los diferentes países, las mismas resultaban incomparables, se comenzó a trabajar desde 1955 en la construcción de un sistema conceptual y metodológico que permitiera la compatibilidad entre las informaciones. En 1963, se edita el Primer Manual de la Familia Frascati, que describía metodologías de elaboración de encuestas para obtener datos comparables entre países. Con posteriores modificaciones en 1970, 1976, 1981, 1983 y 2002, dicho Manual ha seguido utilizándose hasta nuestros días; creándose un nuevo anexo en 2012, para poder cuantificar la I+D en los países en vías de desarrollo. En 1971, por el “Arreglo de Estrasburgo” y con el objeto de poder evaluar mediante estadísticas de propiedad industrial el desarrollo tecnológico sectorial, se creó la Clasificación Internacional de Patentes, entrando en vigor en octubre de 1975, En 1994 se publica el Manual de Patentes, destinado a las mediciones de transferencias de tecnología a los sectores productivos; y en 1995 el Manual de Canberra, destinado a medir los recursos humanos dedicados a ciencia, tecnología e innovación y transferencia. La OEDC publicó la primera edición del Manual de Oslo (1997), con objeto

de elaborar estadísticas sobre innovación tecnológica. Finalmente, existen informes anuales de la Comisión Europea desde 2002 hasta 2012 con datos sobre treinta y un indicadores sobre innovación y sus efectos económicos, para los países y regiones europeas.

Como inputs en la producción de innovaciones se considerarán los capitales humano y tecnológico utilizados tradicionalmente por la teoría del crecimiento económico, además del capital relacional utilizado en recientes investigaciones. Dentro de la teoría del crecimiento económico suelen incluirse aportaciones de la escuela clásica, A. Smith, T. R. Malthus y D. Ricardo, igualmente que las aportaciones de J. M. Keynes y J. A. Schumpeter (Galindo, 2011). En los inicios de la teoría económica, se pensaba que las riquezas naturales de una región o país eran el principal factor determinante del crecimiento. Posteriormente las riquezas naturales fueron remplazadas por las infraestructuras de todo tipo, realizadas por el hombre. La distribución del factor trabajo así como el progreso técnico eran considerados como determinantes de la riqueza de las naciones (Smith, 1776). El papel del Capital Humano y Tecnológico en el crecimiento económico ha sido un tema de creciente interés y debate entre economistas y otros investigadores sociales. Al igual que en el caso de la innovación, el concepto de capital humano fue también utilizado por Schumpeter (1911).

Solow (1956) explicó el comportamiento del crecimiento económico mediante una función de producción en la que utilizó como inputs el capital y el trabajo; Swan (1956) obtuvo las mismas conclusiones, Pero estos modelos no servían para explicar por qué las economías muestran crecimiento sostenido en la renta per cápita fuera del periodo de transición al estado estacionario, Por ello, Solow (1957) amplió este modelo incluyendo progreso tecnológico; utilizando capital, trabajo y tecnología como inputs.

Jacobs (1961 y 1969) se fijó en la transferencia de conocimiento en las regiones y en las ciudades. En su razonamiento, no son los países, sino las regiones y las ciudades, esto es entornos integrados más reducidos, las que juegan un papel crucial en el desarrollo económico mediante la interacción entre las personas y la generación de nuevos productos y nueva tecnología. Posteriormente, Solow (1970) modeliza el crecimiento utilizando capital humano y capital tecnológico, Tecnología o Capital Tecnológico y Capital

Humano durante mucho tiempo han sido consideradas como las dos fuerzas impulsoras del crecimiento económico.

El modelo de crecimiento endógeno regional de Lucas (1988) destaca la importancia del capital humano sobre la tecnología y la transferencia de conocimiento en las regiones y ciudades, generando externalidades que incrementan la productividad e impulsan el crecimiento económico. En la teoría institucional propuesta por Olson (1982) y North (1990), el término instituciones se concibe en un sentido amplio, incorporando las relaciones informales (principios culturales, éticos o ideológicos) y las relaciones formales (la forma de gobierno, el imperio de la ley, el poder judicial y las libertades civiles y económicas). Por su parte, Romer (1986, 1987 y 1990) contribuyó a la teoría del crecimiento económico destacando la importancia de la investigación y el desarrollo mediante los capitales humano y tecnológico, estableciendo la conexión entre conocimiento, Capital Humano y crecimiento económico mediante su modelo de crecimiento endógeno, argumentando que las inversiones en Capital Humano generan externalidades y rendimientos crecientes. Mediante el modelo de crecimiento neoclásico de Mankiw et al, (1992) se explicaron diversos hechos estilizados relacionados utilizando capital físico, capital humano, capital tecnológico y la fuerza laboral.

Mientras tanto, Aghion et al, (1992) propusieron un modelo teórico de crecimiento que representa la destrucción creativa como un factor adicional que genera riqueza. Grossman et al. (1994) hicieron algunas consideraciones teóricas sobre el capital tecnológico y el capital humano como factores relevantes en el crecimiento económico. Audretsch et al. (1996) analizaron la evolución de la innovación y la producción total de bienes y servicios en los Estados Unidos, concluyendo que el capital tecnológico fue el principal determinante del progreso tecnológico, considerando efectos spillover como elemento que facilita los procesos técnicos y concluyendo que la concentración de la innovación no influye significativamente en la producción de valor añadido. En el mismo hilo de pensamiento, investigaciones recientes (Barro (1991); Glaeser et al (1995); Glaeser (1998; 1999; 2000a y 2000b); Simon (1998), Glaeser et al (2001); Rauch (1993); Young (1998), Eaton et al (1997), Simon (1998); Glendon (1998) y Shapiro (2006)) han contrastado empíricamente el papel del capital humano y el crecimiento económico.

Florida (2002a; 2002b; 2005a y 2005b; y 2006) ha propugnado la necesidad de llegar a comprender mejor los factores que generan la innovación, generando el concepto de

creatividad como combinación adecuada de tecnología, talento y tolerancia. La tecnología que emplea este autor incluye al capital tecnológico y a la innovación. Por otro lado, en vez de emplear el tradicional concepto de capital humano utiliza lo que él llama talento, definido como el tamaño de la población creativa. Finalmente, la última variable explicativa que utiliza es la tolerancia de la población de una región o ciudad respecto a la religión, la homosexualidad, los inmigrantes y otra serie de variables en la interacción entre las personas y los grupos sociales de las diferentes instituciones.

Una serie de estudios empíricos muestran que los factores institucionales son un elemento clave del crecimiento económico, el cual mejora el poder explicativo de los modelos (Aron, 2000; Platteau, 2000; Williamson, 2000; Olson et al., 2000, Justesen, 2008; Aixalá et al 2009). No obstante, otro conjunto de estudios considera que existe una nula o escasa relación entre inversión pública y crecimiento económico (Diamond, 1989; Ford et al 1991; Barro, 1991; y Evans et al 1994),

Alexopoulos (2006) ha investigado sobre el impacto de un shock tecnológico en el crecimiento económico, teniendo en cuenta que la tecnología ha influido en muchas variables macroeconómicas, como la acumulación de capital físico, la productividad total de los factores o el nivel de empleo. Koellinger et al (2009) realizaron un estudio para los países europeos, analizando la innovación de las empresas de tecnología con un proxy para las empresas de comercio electrónico, basado en la industria y numerosos factores explicativos, que muestran que las empresas con una plantilla de más de 250 empleados utilizan más este tipo de comercio.

Para concluir este epígrafe dedicado a la revisión literaria, deben citarse un conjunto de artículos científicos aplicando la teoría del crecimiento económico con interrelaciones entre la innovación y los diferentes capitales para conjuntos de regiones, como los estudios de Beugelsdijk et al (2005a y 2005b) sobre el capital humano y el capital social y sobre los efectos de éste último en el crecimiento económico, para 54 regiones europeas. En el trabajo de Berry et al (2005) se remarca la divergencia creciente de los niveles de Capital Humano y con ello de los niveles de crecimiento económico entre las regiones de Estados Unidos a lo largo de las pasadas décadas. Posteriormente, Semih et al (2006) describieron la relación entre el capital social, la innovación y el crecimiento económico en 102 regiones europeas pertenecientes a un conjunto de catorce países, para el período

1999-2002, López-Bazo et al (2006a y 2006b) estudiaron el capital humano, capital tecnológico e I+D para las regiones españolas con el objeto de explicar la productividad de los factores y el progreso tecnológico. Krammer (2009) utiliza una función de producción para explicar el comportamiento de la innovación en las regiones europeas, Miguélez et al (2008) analizan la producción de patentes a través de los gastos en I+D, el capital humano y una serie de características sociales y estructurales de cada región. Finalmente, Badiola-Sánchez et al (2012 y 2013) estiman los determinantes de la innovación en regiones europeas explicando las patentes mediante capital humano, capital tecnológico y capital relacional.

3. Modelo

Se parte de un modelo teórico con una función de producción de innovaciones que se presenta en forma funcional multiplicativa en (1) del tipo transcendental logarítmica, en la que se explica la generación de innovaciones mediante un conjunto de factores explicativos como los capitales humano y tecnológico recogidos en la literatura tradicional:

$$I_{it} = e^{\beta_0} CH_{it}^{\beta_1} CT_{it}^{\beta_2} CH_{it}^{2\beta_3} CT_{it}^{2\beta_4} (CH_{it} CT_{it})^{\beta_5} e^{\varepsilon_{it}} \quad (1)$$

Por simplicidad, se denota como I_{it} a la innovación medida por el número de patentes por cada millón de habitantes en cada región; CH_{it} al capital humano medido por el stock de individuos con educación terciaria en cada región; y CT_{it} al capital tecnológico medido por el gasto público en I+D en cada región. Por su parte, ε_{it} es el término de error.

La ecuación (1) se linealiza tomando logaritmos y es estimada haciendo uso de técnicas econométricas de datos de panel. Por ello, se llega a la expresión (2):

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT_{it} + \beta_3 \ln CH_{it}^2 + \beta_4 \ln CT_{it}^2 + \beta_5 \ln(CH_{it} CT_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

A la hora de especificar la ecuación de regresión para estimar el panel de datos se ha elegido entre el estimador de efectos fijos y el de efectos aleatorios, cuyas ecuaciones genéricas se presentan en las ecuaciones (3) y (4):

$$\text{Efectos fijos: } y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + v_i + u_{it} \quad (3)$$

En el modelo de efectos fijos se supone que el término de error ε_{it} puede descomponerse en dos partes $\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$, donde v_i es una parte constante para cada región y una parte aleatoria u_{it} que cumple los requisitos del error de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO),

$$\text{Efectos aleatorios: } y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + v_i + u_{it} \quad (4)$$

El modelo de efectos aleatorios se especifica de igual manera que el de efectos fijos, pero v_i deja de ser constante para cada región y pasa a ser una variable aleatoria, Al igual que en efectos fijos, u_{it} cumple los requisitos MCO,

Para los resultados de la presente investigación, se ha estimado el modelo de efectos fijos mediante máxima verosimilitud ya que el test de Hausman – que permite discriminar entre efectos fijos y aleatorios – encontraba diferencias sistemáticas entre ambos estimadores; aunque siempre que se pueda hay que elegir el estimador de efectos aleatorios ya que es más eficiente. Por este motivo se ha especificado la siguiente ecuación de regresión (5), donde v_i es constante para cada región europea y que será estimada por una aproximación de máxima verosimilitud para realizar los pertinentes cálculos de eficiencia técnica:

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT_{it} + \beta_3 \ln CH_{it}^2 + \\ & + \beta_4 \ln CT_{it}^2 + \beta_5 \ln CH_{it} \cdot CT_{it} + v_i + u_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

Debido a que posteriormente se realizará un análisis de eficiencia técnica en la generación de innovaciones en las regiones europeas, se va a realizar una pequeña revisión del estado del arte sobre su cálculo. La eficiencia técnica es una medida de la obtención del máximo output posible dadas unas cantidades de inputs y unas relaciones productivas (Álvarez et al 2003). Puede calcularse con una función de producción frontera (Farrell, 1957), existiendo unidades técnicamente eficientes situándose por encima de dicha frontera frente a unidades técnicamente ineficientes situadas por debajo de la misma, obteniendo menor cantidad de output que el posible. El principal problema que surge es la elección de la función frontera, pudiendo diferenciar entre fronteras paramétricas determinísticas y estocásticas, y no paramétricas.

En una primera aproximación paramétrica, puede utilizarse una frontera determinística. Siguiendo a Aigner et al. (1968), se considera una función de producción que se puede expresar como la ecuación (6):

$$y_{it} = f(x_{it}, \beta) e^{-u_{it}}, \text{ con } u_{it} \geq 0 \quad (6)$$

En donde y_{it} es la producción de la unidad productiva, x_{it} es un vector de inputs, β un vector de parámetros y u_{it} una perturbación aleatoria que se considera no negativa, resultado de las decisiones ineficientes de la región, en este caso. Para la estimación de la eficiencia técnica se considerara todo el error como ineficiencia técnica, de este modo puede estimarse como la expresión (7):

$$ET_{it} = \frac{y_{it}}{f(x_{it}, \beta)} = \frac{f(x_{it}, \beta) e^{-u_{it}}}{f(x_{it}, \beta)} = e^{-u_{it}} \quad (7)$$

La medida ET_{it} es una medida orientada hacia el output, y mide la proporción que representa la producción actual con respecto a la que se obtendría si la región utilizara sus recursos con eficiencia técnica.

Afriat (1972) supuso que las observaciones de los errores u_{it} son independientes e idénticamente distribuidos, siguiendo una distribución positiva de una sola cola y que los regresores x_{it} son exógenos y, por tanto, independientes de u_{it} , error aleatorio de shock exógenos y el error determinista de ineficiencia técnica están incluidos en u_{it} , para tener un modelo susceptible de ser estimado empleando la técnica econométrica de máxima verosimilitud. Por ello, puede utilizarse una estimación por el método de efectos fijos, pero truncando los errores en el valor 1 como máximo, ya que ninguna región puede generar innovación por encima de la frontera eficiente definida.

Otra aproximación es una metodología paramétrica también con una frontera determinística, estimada por mínimos cuadrados corregidos basada en la aproximación desarrollada por Greene (1980). Una vez estimado el modelo original, se obtienen los residuos de la regresión. Posteriormente, se corrige la estimación del término constante, β_0 , añadiéndole el mayor valor positivo de los residuos, para precisamente utilizar este nuevo intercepto junto con los coeficientes estimados, con el objetivo de poder calcular unos nuevos valores ajustados de la producción de innovaciones, que serán la función

frontera determinística a considerar y con la que se obtendrán los diferentes valores de la eficiencia técnica. Ahora puede calcularse la eficiencia técnica como la ecuación (8):

$$0 \leq ET_{it} = \frac{I_{it}}{\hat{I}_{it}^*} \leq 1 \quad (8)$$

Siendo \hat{I}_{it}^* los nuevos valores ajustados, añadiéndole el mayor valor positivo de los residuos al término constante β_0 .

Por último, podemos utilizar fronteras estocásticas en vez de determinísticas, así Aigner et al (1977), Meeusen et al (1977), Chamberlain (1980) y Schmidt et al (1984) consideran que el proceso de producción está sujeto a dos tipos de perturbaciones aleatorias distintas: un ruido blanco y un componente asimétrico. El primero recoge los efectos aleatorios que pueden registrarse en la producción de innovaciones, en nuestro análisis, y no están bajo el control de la unidad de decisión. El segundo recoge la ineficiencia técnica de las observaciones a través de la distancia al valor óptimo de la frontera y se supone que en principio debería de estar controlado y determinado por la unidad de decisión. El modelo que se plantea es una función de producción de innovación del tipo (9):

$$y_{it} = x_{it}\beta + v_{it} - \eta_{it} \quad \text{En donde } \eta_{it} \geq 0 \quad (9)$$

Tanto Batesse et al, (1992) como Kumbhakar (1990) emplean el método de máxima verosimilitud en la estimación, asumiendo independencia entre la eficiencia técnica y los regresores, y considerando que el componente del error v_{it} representa la perturbación simétrica, y se supone que se distribuye idéntica e independientemente como una $N(0, \sigma_v^2)$ y que el término de ineficiencia se distribuye según una normal truncada $N^+(\mu, \sigma_u^2)$ en el caso de los primeros y una seminormal $N^+(0, \sigma_u^2)$ para el último. Debido a que este término del error recoge los efectos individuales específicos de cada unidad productiva que capturan los efectos latentes no observables de cada unidad productiva, para recoger los efectos individuales (η_{it}) se puede introducir una variable dummy para cada unidad productiva. Estos efectos individuales son interpretados en la literatura científica como índices de eficiencia: técnica en la función de producción y económica en la función de costes. Pueden calcularse como $\exp(\alpha_i - \text{máx}(\alpha_i))$, para una

función de producción; en donde α_i es el coeficiente estimado para la dummy (i) del que se sustrae el valor máximo del coeficiente estimado para esta variable ficticia. Según este método, la unidad productiva más eficiente tomará el valor unidad. Las diferencias entre los distintos índices tratan de explicar las diferencias de eficiencia entre las distintas unidades productivas.

Finalmente, Battese et al, (1995) presentaron un marco teórico para estimar la eficiencia técnica con fronteras de producción estocástica para datos de panel, Parten de una frontera estocástica de producción como la siguiente (10):

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (10)$$

Donde y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos (i.i.d.) como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción. La ineficiencia técnica, u_{it} , puede especificarse de la siguiente forma (11):

$$u_{it} = z_{it}\delta + W_{it} \quad (11)$$

En donde se define W_{it} como el truncamiento de la distribución normal con media cero y varianza constante tal que el punto de truncamiento es $-z_{it}\delta$ tal que $W_{it} \geq -z_{it}\delta$, Utilizando un método de máxima verosimilitud, estos autores estiman la eficiencia técnica a partir de la ecuación (12):

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (12)$$

En la presente investigación, se utilizará esta última metodología de cálculo de eficiencia técnica estocástica dinámica desarrollada por Battese et al, (1995), por lo que se partirá de la siguiente frontera estocástica de producción (13):

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (13)$$

Donde y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs que incluye en capital humanos, los dos capitales tecnológicos y los dos capitales relacionales; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción de patentes en las regiones consideradas. Así, se estimará por máxima verosimilitud la ecuación de regresión (14):

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln CH_{it} + \beta_2 \ln CT_{it} + \beta_3 \ln CH_{it}^2 + \beta_4 \ln CT_{it}^2 + \\ & + \beta_5 \ln(CH_{it} CT_{it}) + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (14)$$

Donde v_i y u_{it} son los términos descritos anteriormente, Además, se obtendrán γ , σ^2 y τ , la media, la varianza y una tendencia temporal. Finalmente, especificando la ineficiencia técnica como $u_{it} = z_{it} \delta + W_{it}$, se calculará la eficiencia técnica estocástica como la expresión (15):

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it} \delta - W_{it}) \quad (15)$$

En donde W_{it} es el punto de truncamiento de la distribución normal tal que $W_{it} \geq -z_{it} \delta$.

4. Datos

Para contrastar empíricamente el objetivo de la presente investigación, se utilizarán un conjunto de inputs como factores explicativos de la innovación que se aproximarán mediante una serie de indicadores que se muestran en la Tabla 3.1 y que han sido obtenidos de la unión de las dos últimas publicaciones de Regional Innovation Scoreboard, RIS (2009, 2012) de la Comisión Europea. Estas publicaciones contiene un conjunto indicadores relativos a innovación, con el fin de poder realizar un seguimiento de las innovaciones en las regiones europeas, con datos de 2004 y 2006; y 2007, 2009 y 2011.

Para el caso de la variable a explicar se usará – una vez justificado su uso en la revisión literaria – el número de patentes por mil millones del PIB como aproximación de la innovación. En cuanto a las variables independientes, para el caso del capital humano, se

utilizará el porcentaje de población entre 25 y 64 años que posee un título universitario, ya que esta es la única variable relativa a capital humano que ofrece esta última edición de la publicación de la Comisión Europea; frente a la existencia en anteriores publicaciones del RIS de otro indicador relativo al capital humano, como era el aprendizaje a lo largo de la vida. El capital tecnológico, se aproximará, dada la información estadística disponible, utilizando valores relativos a la financiación pública del gasto en I+D, medida en porcentaje del PIB; obviando el sesgo, por la disponibilidad de los datos, de que el gasto privado incluye también una parte de gasto público, debido a la existencia tanto de empresas privadas como de empresas públicas.

Tabla 3.1: Variables utilizadas

Variable	Proxy	Explicación	Fuente (Periodo)
Innovación (I)	European Patent Office (EPO) applications per billion GDP (in PPP€)	Número de patentes por mil millones del PIB.	RIS (2007-2011)
Capital Humano (CH)	Population with tertiary education per 100 population aged 25-64	Porcentaje de población con edades comprendidas entre los 25 y los 64 años que tiene un título universitario.	RIS (2007-2011)
Capital Tecnológico (CT)	Public R&D expenditures (% of GDP)	Inversión pública en I+D en porcentaje del PIB.	RIS (2007-2011)

FUENTE: Elaboración propia,

Los informes sobre la innovación en las regiones Europeas aporta estadísticas para los años 2004, 2006, 2007, 2009 y 2011, mientras que los datos relativos a los años 2005, 2008 y 2010 han tenido que generarse artificialmente utilizando una media aritmética de los años 2004 y 2006 para 2005; 2007 y 2009 para 2008; y de 2009 y 2011 para el caso de 2010. Además, los datos originales presentaban valores comprendidos entre 0 y 1; por lo que para minimizar los problemas derivados de la necesidad de transformar logarítmicamente los mismos para estimar la función de producción de innovaciones, se han re-escalado entre 0 y 100 mediante una simple multiplicación por cien. En la Tabla

3.2 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el análisis de regresión, incluyendo los 190 cortes transversales correspondientes a cada región europea y una amplitud temporal de cinco años. Puede observarse que todas ellas están re-escaladas entre 0 y 100 como se ha comentado anteriormente y que las variables con menor y mayor media, respectivamente, son el número de patentes y el capital humano,

Tabla 3.2: Estadísticos descriptivos

Núm. de regiones	Núm. de Observ.	Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo Valor	Máximo Valor
17	136	<i>I</i>	0,30	0,09	0,14	0,52
		<i>CH</i>	0,61	0,14	0,28	0,96
		<i>CT</i>	0,40	0,09	0,16	0,62

FUENTE: Elaboración propia

Las regiones con mayor número de patentes en el periodo temporal considerado son la Navarra, Cataluña, el País Vasco y Aragón. Por el contrario, las regiones menos generadoras de patentes son Canarias, Extremadura y las ciudades autónomas Ceuta y Melilla.

En cuanto a los datos relativos a capital humano, medido por el porcentaje de la población con estudios universitarios, aparecen las regiones del País Vasco, Madrid y Navarra, frente al archipiélago balear, Castilla la Mancha, Extremadura, Canarias, Murcia y Ceuta, que son las regiones con menor capital humano de la muestra. Finalmente, alcanzan mayores niveles de gasto público en I+D las regiones de Madrid, Valencia, Navarra, Andalucía Extremadura y Cataluña, siendo Ceuta, Melilla, las islas Baleares, la Rioja y Castilla la Mancha las que experimentaron menor inversión pública en I+D.

5. Resultados

En este apartado se va a estimar el modelo descrito anteriormente haciendo uso de la información estadística disponible y el software libre R para cálculo estadístico. De esta forma, se estimará la función de producción de innovaciones para el conjunto de las regiones españolas, con un total de 17 regiones. Así, se estima la ecuación de regresión (5) elegida anteriormente mediante el método de máxima verosimilitud para datos de

panel y se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.3 y la siguiente ecuación de valores ajustados (16) para la generación de innovaciones innovación:

$$\hat{LnI}_{it} = -0,819 + 0,169LnCH_{it} + 0,223LnCT_{it} - 1,638LnCH^2_{it} + 0,224LnCT^2_{it} + 1,287LnCH \cdot CT_{it} \quad (16)$$

(0,03)*** (0,08)* (0,07)** (0,47)*** (0,41) (0,42)**

NOTA: *** Significativo al 0,1%; ** Significativo al 1%; * Significativo al 5%, Entre paréntesis se muestra el error estándar.

Tabla 3.3: Estimación por máxima verosimilitud (periodo 2004-2011)

Variable	Coeffic,	Std Error
Constante	-0,8190	(0,031)***
CH	0,1693	(0,081)*
CT	0,2229	(0,075)**
CH ²	-1,6382	(0,467)***
CT ²	0,2239	(0,407)
CH*CT	1,2866	(0,421)**
$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_\mu^2$	0,0246	(0,003)***
γ	0,9546	(0,041)***
Logaritmo función máxima verosimilitud		74,03602

FUENTE: Elaboración propia

A la vista de los estadísticos de contraste presentados en la Tabla 3 puede observarse que las variables resultan significativas de manera conjunta y que los inputs determinantes de la innovación regional en España, el capital humano y el capital tecnológico resultan significativos de manera individual, contribuyendo – además – de manera positiva a la generación de innovaciones. Por otro lado, se muestran diversos contrastes de hipótesis en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Contrastes de hipótesis de los parámetros

Test	Hip, Nula	χ^2 -estadist,	Decisión
Cobb-Douglas (LH test)	$\beta_{4-6} = 0$	26,83 ***	Rechazar H_0
Individual/Time Effects (Gourieroux, 1982)	No time effects	306,10***	Rechazar H_0
Fixed/Random model (Hausman,1978)	Fixed=Random	18,72 **	Rechazar H_0
Serial correlation (Wooldridge, 2002)	No serial correlation	43,38***	Rechazar H_0
Stochastic Effect	$\gamma = 0$	541,72 ***	Rechazar H_0
TIE Model	$\gamma = \delta_{1-9} = 0$	816,10***	Rechazar H_0

FUENTE: Elaboración propia. NOTA:*** Significativo al 0,1%; ** Significativo al 1%; * Significativo al 5%

Puede observarse en la Tabla 3.4 la conveniencia de la forma funcional translog frente a la Cobb-Douglas a la vista del test LH en el que se rechaza la hipótesis nula de uso de la segunda función de producción. El test de Hausman rechaza la hipótesis nula de necesidad de uso de un modelo de efectos aleatorios para datos de panel. Por su parte, el test de Wooldridge rechaza la hipótesis nula de correlación serial, Mediante estos contrastes de hipótesis se verifica la conveniencia del modelo econométrico utilizado.

Además, los parámetros estimados resultan ser elasticidades; por ejemplo, para el caso de la elasticidad entre el capital humano y la innovación, partiendo de la ecuación de regresión (5) se puede diferenciar logarítmicamente, de modo tal que diferenciando $\ln I_{it}$ respecto de $\ln CH_{it}$ se obtiene la expresión (17):

$$\beta_1 = \frac{\partial \ln I_{it}}{\partial \ln CH_{it}} \Rightarrow \beta_1 = \frac{I_{it}}{CH_{it}} \frac{\partial I_{it}}{\partial CH_{it}} \Rightarrow \beta_1 = \frac{CH_{it}}{I_{it}} \frac{\partial I_{it}}{\partial CH_{it}} \Rightarrow \beta_1 = \frac{\partial CH_{it}}{\partial I_{it}} = \eta_{I/CH} \quad (17)$$

Donde se ha comprobado la correspondencia entre uno de los parámetros del modelo y la elasticidad de la innovación respecto a cada uno de los inputs considerados como capital humano y tecnológico. De manera análoga, podría comprobarse para el caso de los restantes parámetros. Las dos elasticidades estimadas son positivas aunque inelásticas, es decir, aumentos porcentuales en las variables explicativas de la innovación provocan incrementos porcentuales en la innovación, aunque como sus valores están dentro del

rango que va de 0 a 1), son factores necesarios y el porcentaje de innovación varía en una cuantía inferior al de los inputs productivos.

Finalmente, en la estimación por máxima verosimilitud para obtener la eficiencia técnica de naturaleza estocástica dinámica de acuerdo al modelo de Battese et al. (1995), se calcula la eficiencia técnica estocástica como la mencionada expresión (15), obteniéndose los valores para las diferentes regiones españolas en cada uno de los ocho años del panel de datos, como puede verse en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5: Resultados de eficiencia técnica media para las regiones españolas (2004-2011)

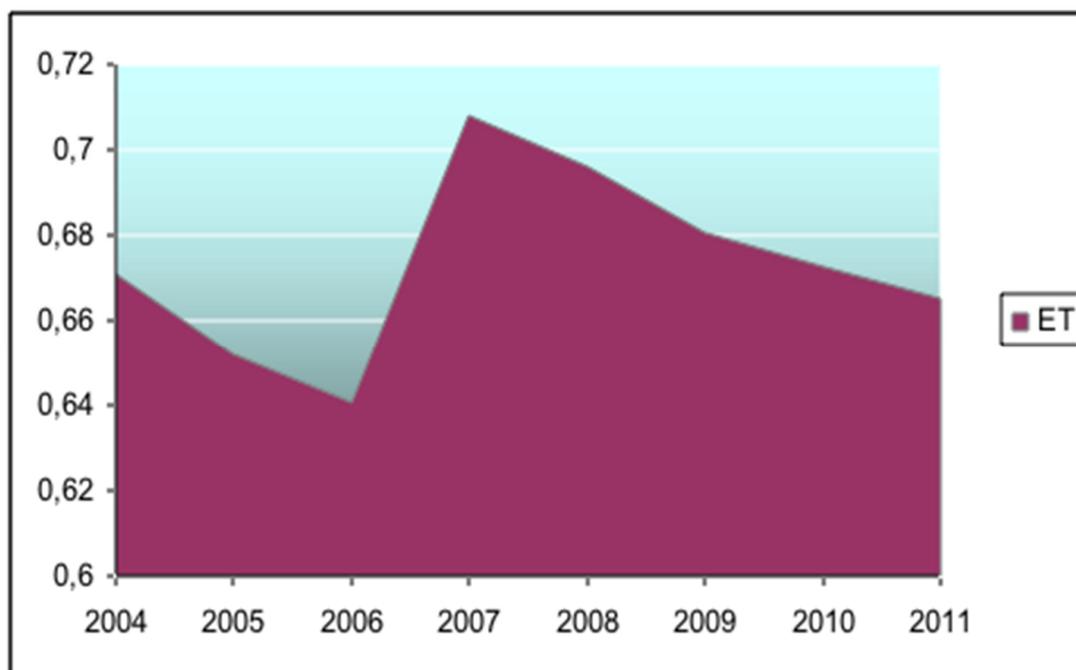
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Galicia	0,574	0,536	0,510	0,614	0,621	0,628	0,592	0,557
Principado-Asturias	0,594	0,588	0,583	0,723	0,699	0,673	0,683	0,693
Cantabria	0,517	0,518	0,523	0,653	0,708	0,749	0,624	0,503
País-Vasco	0,803	0,803	0,806	0,949	0,924	0,897	0,883	0,868
Navarra	0,959	0,950	0,947	0,983	0,951	0,885	0,912	0,939
La-Rioja	0,831	0,843	0,852	0,926	0,821	0,714	0,797	0,894
Aragón	0,733	0,722	0,717	0,850	0,854	0,859	0,907	0,949
Madrid	0,642	0,641	0,643	0,689	0,682	0,675	0,659	0,644
Castilla-León	0,658	0,647	0,642	0,742	0,686	0,629	0,624	0,619
Castilla-la-Mancha	0,684	0,626	0,582	0,627	0,633	0,638	0,614	0,590
Extremadura	0,409	0,382	0,356	0,453	0,439	0,426	0,380	0,333

Cataluña	0,956	0,950	0,945	0,970	0,962	0,951	0,929	0,904
Com.-Valenciana	0,800	0,775	0,755	0,823	0,771	0,718	0,720	0,720
Illes-Balears	0,690	0,583	0,539	0,422	0,423	0,431	0,458	0,486
Andalucía	0,494	0,479	0,473	0,538	0,569	0,599	0,552	0,505
Murcia	0,587	0,570	0,562	0,600	0,623	0,645	0,672	0,700
Canarias	0,471	0,468	0,459	0,476	0,463	0,451	0,428	0,405
Eficiencia Técnica OBJETIVO 1	0,586	0,563	0,547	0,622	0,612	0,601	0,585	0,569
Eficiencia Técnica NO OBJETIVO 1	0,681	0,668	0,664	0,716	0,703	0,685	0,685	0,687

FUENTE: Elaboración propia,

A la vista de los resultados mostrados en la Tabla 3.5, puede observarse una tendencia decreciente de la eficiencia técnica media desde 2004 hasta 2006, un amplio aumento hasta el año 2007 – en el que se inició la crisis económica – para mantener una trayectoria decreciente después, como puede observarse en la Figura 3.1.

Figura 3.1: Media de la Eficiencia Técnica por año de todas las regiones españolas (2004-2011)



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, si observamos los datos de la Tabla 3.5 referidos a la eficiencia técnica media de la innovación para las regiones españolas de Objetivo 1 vemos que la eficiencia crece desde 0,586 a 0,622, en el periodo 2004 a 2007, por el contrario en el 2008 decrece a 0,612, para seguir decreciendo hasta el año 2011, en el que termina con una eficiencia técnica media de 0,569. En cambio las regiones que no son Objetivo 1, si bien tienen un comportamiento similar respecto a la eficiencia técnica en la innovación creciendo desde 0,681 a 0,716 en el periodo 2004 a 2007, por el contrario su eficiencia innovadora decrece en el 2008 hasta 0,703, también decrece en el 2009 al nivel 0,685, se estanca en el 2010 en el nivel 0,685 y finalmente recupera el crecimiento en el año 2011 volviendo a crecer al nivel 0,687.

En el trabajo de Coto-Millán et al (2015) se ha realizado una investigación para el conjunto de las regiones europeas similar al aquí realizado pero limitado al periodo 2007-2011 por las limitaciones impuestas por la disponibilidad de los datos europeos. En esta investigación de Coto-Millán et al (2015) sin embargo los resultados han sido distintos para las regiones europeas. Así, el conjunto de las regiones europeas de Objetivo 1 tiene un crecimiento positivo de la eficiencia técnica desde el año 2007 hasta el año 2011 a pesar de la crisis económica, pasando la eficiencia técnica media de 0,526 a 0,552. En

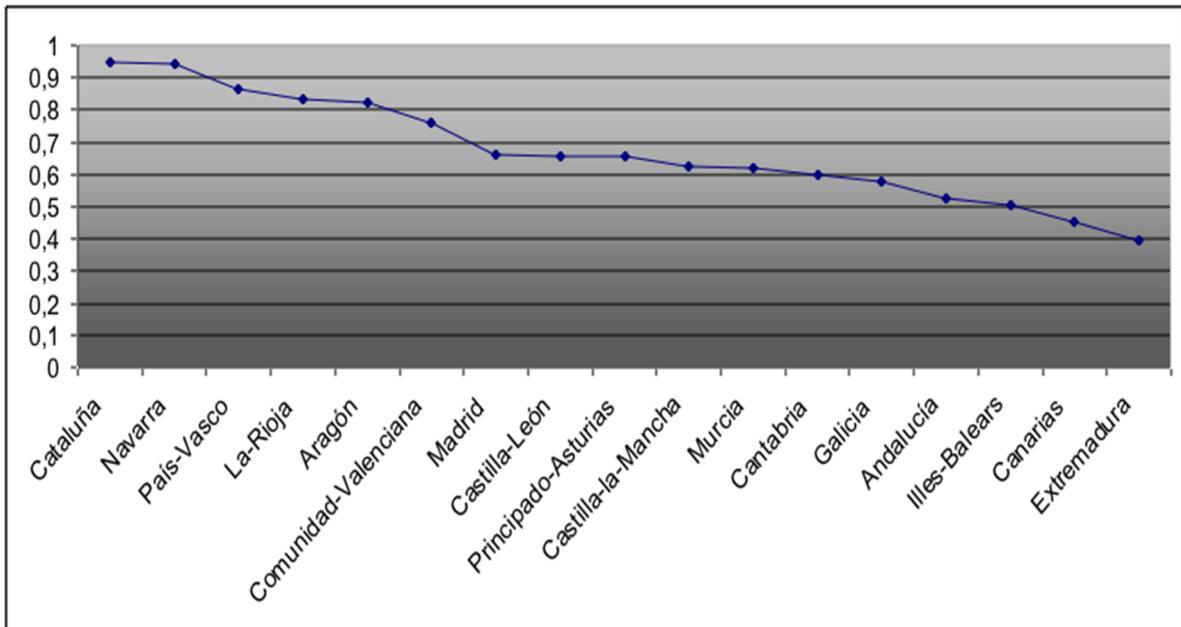
cambio las regiones europeas no Objetivo 1 tienen un decrecimiento de la eficiencia técnica media que pasa de 0,699 en el año 2007 hasta 0,685 en el año 2011.

De la comparativa para el periodo 2007-2011 de regiones españolas y europeas podemos concluir los siguientes. Las regiones españolas Objetivo 1 tienen siempre mayor eficiencia técnica media que las regiones europeas Objetivo 1. La menor eficiencia técnica española media es 0,569 y la menor europea es 0,526. La crisis económica afectó no obstante más a la eficiencia técnica media de las regiones españolas de Objetivo 1 que a las europeas también de Objetivo 1, en particular en los años 2009 y 2010, que la eficiencia innovadora española decreció en 0,612 a 0,601. Mientras en las regiones europeas la eficiencia innovadora crecía de 0,540 a 0,545 para el mismo periodo de tiempo.

Por otro lado, el resto de las regiones no Objetivo 1 decrecen en eficiencia técnica media de 0,699 en 2007 a 0,685 en 2011, mientras que tales regiones en España pasan de 0,716 a 0,687. En apariencia es un comportamiento similar, sin embargo la diferencia estriba en que para el caso español respecto al europeo los años de 2009 y 2010 han sido de estancamiento en una eficiencia técnica media de 0,685 para concluir con una recuperación en el año 2011 con un crecimiento a 0,687. En el caso europeo todos los años han sido de decrecimiento de eficiencia. En particular en los años en los que se estancaba la media española, en la media europea se producía un descenso de 0,691 a 0,687. Además, mientras que en las regiones españolas se recuperaba la eficiencia técnica creciendo del año 2010 al 2011 de 0,685 a 0,687; en el caso europeo descendía de 0,687 a 0,685.

En la Figura 3.2 se observan las diferencias regionales en la eficiencia técnica media de todo el periodo 2004-2011 en la generación de innovaciones. Así, Cataluña, Navarra, el País Vasco, la Rioja, Aragón y la Comunidad Valenciana – alcanzando cifras superiores a 0,70 – resultan las regiones más eficientes, frente a Extremadura, Canarias, Baleares, Andalucía, Galicia y Cantabria que ocupan los peores lugares del ranking, alcanzando valores promedios inferiores a 0,60.

Figura 3.2: Eficiencia Técnica media de las regiones españolas (2004-2011),



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, nos interesa conocer cuáles son los determinantes de la eficiencia técnica y por ello se han propuesto como determinantes las siguientes variables control (Ventas, SMEIn) y la variable regiones de Objetivo 1 que aparecen listadas en la siguiente Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Listado de variables explicativas

Determinantes de la eficiencia	Tipo de variable	Medida	Signo esperado
Objetivo 1	Dummy	Región Objetivo 1 =1; Región No Objetivo 1=0	Positivo
Ventas	Indice de RSI	New-to-market sales	Negativo
SMEIn	Indice de RSI	SMEs innovating in-house	Negativo

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Tabla 3.7 se ofrecen los resultados de la estimación de los determinantes de la eficiencia técnica de la que distinguiremos las variables control como las nuevas ventas de las empresas (New-to-market sales) y las inversiones de las empresas pequeñas y medianas no relacionadas con innovación (SMEs innovating in-house) y la variable determinante regiones españolas de Objetivo 1.

Tabla 3.7: Determinantes de la Eficiencia Técnica (periodo 2004-2011)

Variable	Coefficiente	Error Estándar
Constante	1,3086	(0,147)***
Objetivo1	0,1487	(0,035)***
Ventas	-0,6439	(0,122)***
SMEIn	-1,2712	(0,489)**

Fuente: Elaboración propia. 0 ‘***’, 0,01 ‘**’, 0,05 ‘*’, 0,10 ‘’

Como se puede observar las variables control son significativas y poseen los signos esperados. La variable determinante regiones españolas de Objetivo 1 también es significativa y posee el signo esperado. Esto quiere decir que las regiones españolas de Objetivo 1 han tenido un crecimiento positivo en eficiencia técnica en la producción de innovaciones durante el periodo 2004-2011.

6. Conclusiones

En esta investigación se ha propuesto una función de producción de innovación, utilizando una función de producción translog con los capitales humano y tecnológico como inputs. Haciendo uso de la información estadística que ofrece la Comisión Europea para realizar un seguimiento de la innovación en las regiones europeas, se ha contrastado dicha función de producción. Todos los coeficientes estimados son significativos y tienen signo positivo. Los dos factores productivos tradicionales como Capital Humano y Capital Tecnológico resultan relevantes en la generación de patentes. Por ello, parece conveniente considerar tanto la educación terciaria como variable “proxy” del Capital Humano y la inversión pública en I+D como variable “proxy” del Capital Tecnológico. Esto es, resultan relevantes tanto el gasto público en investigación y desarrollo como la educación universitaria en el mecanismo generador de innovaciones de las regiones españolas.

Una vez obtenida la función de producción se ha estimado la eficiencia técnica de las diferentes regiones consideradas. Es destacable la gran concentración de eficiencia técnica en las regiones del eje situado entre Cataluña y el País Vasco, además de las regiones valenciana y madrileña. Puede observarse el contraste entre la concentración de las regiones más técnicamente eficientes en la generación de patentes en dichas regiones

frente a las menos eficientes situadas en la cornisa cantábrica como Galicia y Cantabria; en el sur, como Andalucía y Extremadura; y, finalmente, en las regiones insulares de Canarias y Baleares.

Una vez obtenida la eficiencia técnica de las regiones españolas nos ha interesado investigar los determinantes de la misma. En este sentido se han incluido dos variables control como las ventas y las inversiones no innovadoras de las pequeñas y medianas empresas, y una variable determinante como si la región es Objetivo 1 o no. Los resultados indican que las políticas de Objetivo 1 han influido positivamente sobre la eficiencia técnica media de la producción de innovaciones de las regiones españolas durante el periodo 2004-2011.

En cuanto a las limitaciones de esta investigación están, en primer lugar, los datos utilizados. Se ha utilizado principalmente como fuente de datos la RIS (Regional Innovation Scoreboard) para los años disponibles de la Comisión Europea. Esto permite establecer comparaciones entre las regiones europeas y españolas. Aunque realmente de los datos de los que se dispone para España son de Comunidades Autónomas y no regiones. Quizá deberían utilizarse otras bases de datos que complementarían más adecuadamente al RIS con regiones y no Comunidades Autónomas españolas. Además de poder mejorar las citadas limitaciones, este trabajo podría ser ampliado utilizando técnicas de econometría espacial para evaluar los efectos spillover entre las regiones españolas.

7. Referencias

Aixalá, J. y Fabro, G. (2009): “Economic freedom, civil liberties, political rights and growth: a causality analysis”. *Spanish Economic Review*, 11: 165-178.

Afriat, S. N. (1972): “Efficiency estimation of production functions”. *International Economic Review*, Vol, 13, pp, 568-498

Aghion, P. y Howitt, P. (1992): “A model of growth through creative destruction”. *Econometrica*, 60, 2: 323-351

Aigner, D., Lovell, C. A. K. y Schmidt, P. (1977): "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models". *Journal of Econometrics*, 6, 21-37

Aigner, D. J. y Chu, S. F. (1968): "On estimating the industry production function". *American Economic Review*, Vol 58, pp, 826-839

Alexopoulos, M. (2006): "Read all about it!!! What happens following a technology shock?". *American Economic Review*, 101, 4: 1144-1179

Álvarez, A., Arias, C. y Orea, L. (2003): *Introducción al análisis empírico de la producción*. Universidad de Oviedo.

Aron, J. (2000): "Growth and Institutions: A Review of the Evidence". *World Bank Research Observer*, 15, 1:99-135

Audretsch, D. B. y Feldman, M. P. (1996): "R&D spillovers and the geography of innovation and production". *American Economic Review*, 86, 3: 630-640

Badiola-Sánchez, A. y Coto-Millán, P. (2012): "Determinants of technical efficiency and technological innovation of european regions in the period 2002-2006". *Journal of Business Management and Applied Economics* 2012; 1(5):36-59

Badiola-Sánchez, A. y Coto-Millán, P. (2013): "Creativity, innovation and technical efficiency: An análisis from the nordic countries and the atlantic arc". *The IUP Journal of Knowledge Management*, Vol XI, nº 1, January 2013, pp 58-71

Baumert, T. (2006): "*Los determinantes de la innovación, Un estudio aplicado sobre las regiones de la Unión Europea*". Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid

Barro, R. J. (1991): "Economic Growth in a Cross Section of Countries". *Quarterly Journal of Economics*, 106, mayo, páginas 407-443

Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1992): "Frontier production functions, technical efficiency and panel data, with application to paddy farmers in India". *Journal of Productivity Analysis* 3, 153-169

- Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1995): “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”. *Empirical economics*, 20: 325-332
- Berry, C. R. y Glaeser, E. L. (2005): “The divergence of human capital levels across cities”. *Harvard Institute of Economic Research Discussion Paper No, 2091*
- Beugelsdijk, S. y Van Schaik, T. (2005a): “Differences in social capital between 54 Western European regions”. *Regional Studies*, Vol, 39, 8, pp, 1053–1064, November 2005
- Beugelsdijk, S. y Van Schaik, T. (2005b): “Social capital and growth in European regions: an empirical test”. *European Journal of Political Economy* 21, 301–324
- Buesa, M., Heijts, J., Martínez, M. y Baumert, T. (2004): “*Configuración estructural y capacidad de producción de conocimientos en los sistemas regionales de innovación: Un estudio del caso español*”. Instituto de Análisis Industrial y Financiero, Universidad Complutense de Madrid
- Buesa, M. y Hernández, J. (2005): “Análisis de la innovación a través de las patentes”. *Estudios de Economía Aplicada*, Vol 1, 23-33
- Chamberlain, G. C. (1980): “Analysis of covariance with qualitative data”. *Review of Economic Studies* 47, pp, 225-238
- Cohen, W. M. y Levinthal, D. A. (1989): “Innovation and learning: the two faces of R&D”. *The Economic Journal*, 99, 357: 569-596
- Coto-Millán, P. y Badiola-Sánchez, A. (2015): “*Determinantes de la producción de innovación, eficiencia técnica y regiones europeas de Objetivo 1: 2007-2011*”. Working paper, Universidad de Cantabria, España.
- Diamond, J. (1989): “Government Expenditures and Economic Growth: An Empirical Investigation”. *FMI Working Paper 89,45*, Washington, USA
- Drazin, R. y Schoonhoven, C. B. (1996): “Community, Population, and Organization Effects on Innovation: A Multilevel Perspective”. *Academy of Management Journal*, vol, 39, pp, 1056-1083

- Eaton, J. y Eckstein Z. (1997): “Cities and growth: Theory and evidence from France and Japan”. *Regional Science and Urban Economics*, 27 (4-5): 443–74
- Evans, P. y Karras, G. (1994): “Is Government Capital Productive? Evidence from a Panel of Seven Countries”. *Journal of Macroeconomics*, primavera, volumen 16, número 2, páginas 271-279
- Farrell, M. J. (1957): “The measurement of productive efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, volumen 120, pags 253-281
- Florida, R. (2002a): “The Economic Geography of Talent”. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(4): 743-755
- Florida, R. (2002b): “Bohemia and economic geography”. *Journal of Economic Geography*, 2: 55-71
- Florida, R. (2005a): “*Cities and the Creative Class*”. New York: Routledge
- Florida R. (2005b): “*The Flight of the Creative Class*”. Harpers Business
- Florida, R. (2006): “Where the brains are”. *The Atlantic Monthly*, 298(3):34
- Ford, R. y Poret, P. (1991): “Infrastructure and Private Sector Productivity”. *OECD Economic Studies*, volumen 17
- Fuentes, B. A. (2009): “*La gestión de conocimiento en las relaciones académico-empresariales, Un nuevo enfoque para analizar el impacto del conocimiento académico*”. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia
- Galindo, M. A. (2011): “Crecimiento económico”. *Revista Información Comercial Española*, 858, 1-12
- Glaeser, E. L. (1998): “Are cities dying? “. *Journal of Economic Perspectives*, 12:139–60
- Glaeser, E. L. (1999): “*The future of urban research: Nonmarket interactions*”. Washington, DC: Brookings Institutions

- Glaeser, E. L. (2000a): “The new economics of urban and regional growth”. *The Oxford handbook of economic geography*. Ed. Gordon Clark, Meric Gertler, y Maryann Feldman, 83-98, Oxford: Oxford University Press
- Glaeser, E. L. (2000b): “Cities and Ethics: An Essay for Jane Jacobs”. *Journal of Urban Affairs*, 22:4: 473-494
- Glaeser, E. L., Sheinkman, J. A. y Sheifer, A. (1995): “Economic growth in a cross-section of cities”. *Journal of Monetary Economics* 36:117-43
- Glaeser, E. L., Kolko, J. y Saiz, A. (2001): “Consumer city”. *Journal of Economic Geography*, 1:27-50
- Glendon, S. (1998): “*Urban life cycles*”. Working paper, Cambridge, MA: Harvard University, USA
- Greene, W. H. (1980): “Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions”. *Journal of Econometrics* nº 13, págs 27-56
- Griliches, Z. (1979): “Issues in assessing the contribution of research and development productivity growth”. *Bell Journal of Economics*, 10, 1-12
- Griliches, Z. (1998): “*R&D and Productivity: The Econometric Evidence*”. University of Chicago Press
- Grossman, G. M. y Helpman, E. (1994): “Endogenous innovation in the theory of growth”. *Journal of Economic Perspectives*, 8, 1: 23-44
- Jacobs, J. (1961): “*The Death and Life of Great American Cities*”. New York: Random House
- Jacobs, J. (1969): “*The Economies of Cities*”. New York: Random House
- Justesen, M. (2008): “The effect of economic freedom on growth revisited: New evidence on causality from a panel of countries 1970-1990”. *European Journal of Political Economy*, 24: 642-660
- Koellinger, P. y Schade, C. (2009): “*Acceleration of technology adoption within firms*”. Tinbergen Institute, Oslo

- Krammer, S. (2009): “Drivers of national innovation in transition: Evidence from a panel of Eastern European countries”. *Research Policy* 38(5), 845-860
- Kumbhakar, S. C. (1990): “Production frontiers, panel data, and time-varying technical efficiency”. *Journal of Econometrics* 46, 201-212
- López-Bazo, E., Requena, F. y Serrano, G. (2006a): “Complementarity between local knowledge and internationalization in regional technological progress”. *Journal of Regional Science*, vol 46, num 5, pages 901-929
- López-Bazo, E., Requena, F. y Serrano, G. (2006b): “*Estudio sobre el capital humano, capital tecnológico e I+D para las regiones españolas con el objeto de explicar la productividad de los factores y el progreso tecnológico*”. Working paper, University of Barcelona, Spain
- Lucas, R. E. (1988): “On the mechanics of economic development”. *Journal of Monetary Economics*, 22, 1 (Julio): 3-42
- Mankiw, N. G., Romer, D. y Weil, D. (1992): “A Contribution to the Empirics of Economic Growth”. *Quarterly Journal of Economics* 107, may, 407-37
- Meeusen, W. y van den Broeck, J. (1977): “Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error”. *International Economic Review*, vol 18, issue 2, pages 435-444
- Miguélez, E. y Moreno, R. (2008): “Does social and human capital reinforce each other in the creation of knowledge? Evidence from Spanish regions”. Working paper, Universidad de Barcelona, Spain
- Myro, R. (2010): “Crecimiento económico e innovación: Un breve apunte acerca de la evidencia empírica”. *Revista Galega de Economía*, vol, 19, Núm, Extraordinario
- North, D. C. (1990): “*Institutions, Institutional Change and Economic Performance*”. Cambridge University Press, Cambridge
- OECD (2005): “*Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*”. European Communities, The measurement of scientific and technological activities, France

- Olson, M. (1982): *“The Rise and Decline of Nations”*. Yale University Press, New Haven
- Olson, M., Sarna, S. N. y Swamy, A. (2000): “Governance and Growth: A Simple Hypothesis Explaining Cross-Country Differences in Productivity Growth”. *Public Choice*, 102, (3-4): 341-364
- Platteau, J. P. (2000): *“Institutions, Social Norms, and Economic Development”*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam
- Rauch, J. E. (1993): “Productivity gains from geographic concentrations of human capital: Evidences from cities”. *Journal of Urban Economics*, 34, pp, 380-400
- Rivas, R. y Casimiro, A. (2000): *“Las patentes como indicadores de la innovación tecnológica en el sector agrario español y en su industria auxiliar”*. Oficina Española de Patentes y Marcas, Ministerio de Ciencia y Tecnología
- RIS (2009): *“Regional Innovation Scoreboard, RIS”*. European Comission, Bruxelles
- RIS (2012): *“Regional Innovation Scoreboard, RIS”*. European Comission, Bruxelles
- Romer, P. M. (1986): “Increasing returns and long-run growth”. *Journal of Political Economy*, 94, 5 (octubre): 1002-1037
- Romer, P. M. (1987): “Crazy explanations of the productivity slowdown”. *NBER Macroeconomics Annual*, 2: 163-202
- Romer, P. M. (1990): “Endogenous technological change”. *Journal of Political Economy*, 98, 5, 71-102
- Scherer, F. M. (1965): “Firm size, market structure, opportunity and the output of patented inventions”. *American Economic Review*, Núm, 55 (5)
- Schmidt, P. y Sickles, R. (1984): “Production frontiers and panel data”. *Journal of Business and Economic Statistics*, 2, 4: 367-374
- Schmookler, J. (1966): *“Invention and Economic Growth”*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- Schumpeter, J. A. (1911): *“The Theory of Economic Development”*. Oxford University Press, Nueva York

- Semih Akçomak, I. y Weel, B. (2006): “Social Capital, Innovation and Growth: Evidence from Europe”. United Nations University, Working paper series
- Shapiro, J. M. (2006): “Smart Cities: Quality of Life, Productivity, and the Growth Effects of Human Capital”. *The Review of Economics and Statistics*, Vol, 88(2): 324-335
- Simon, C. (1998): “Human capital and metropolitan employment growth”. *Journal of Urban Economics*, 43: 223 – 43
- Smith, A. (1776): “*An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*”. Clarendon Press, Oxford, 1976
- Solow, R. M. (1956): “A contribution to the theory of economic growth”. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 1 (febrero): 65-94
- Solow, R. M. (1957): “Technical change and the aggregate production function”. *Review of Economics and Statistics*, 39 (agosto): 312-320
- Solow, R. M. (1970): “*Growth theory: an exposition*”. Oxford: Clarendon Press
- Swan, T. (1956): “Economic growth and capital accumulation”. *The Economic Record*, 32, 334-361
- Tidd, J. (2001): “Innovation management in context: environment, organization and performance”. *International Journal of Management Review*, vol, 3, n, 3, pp, 169-183
- Williamson, O. E. (2000): “The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead”. *The Journal of Economic Literature*, 38, 3: 595-613
- Wolfe, R. A. (1994): “Organizational innovation: review, critique and suggested research”. *Journal of Management Studies*, vol, 31, n, 3, pp, 405-431
- Young, A. (1998): “Growth without scale effects”. *Journal of Political Economy*, 106, 1: 41-63
- Zoltan, J. A. y Audretsch, D. B. (1988): “Innovation in large and small firms: an empirical analysis”. *American Economic Review*, 78, 4: 678-690.

Capítulo IV: Turismo, tamaño, endeudamiento, aerolíneas “low cost” y eficiencia estocástica dinámica de los aeropuertos españoles (2009-2013)

RESUMEN: En esta investigación se estimará un panel de datos con una función de producción aeroportuaria para cuarenta y nueve aeropuertos distribuidos a lo largo de todo el territorio español y haciendo uso de las cuentas de resultados publicadas anualmente por AENA y de estadísticas del Ministerio de Fomento. Se obtendrá que los factores productivos tradicionales, capital, trabajo y consumos intermedios resultan determinantes de la producción de transporte aéreo y se estimará la eficiencia estocástica dinámica de cada uno de los aeropuertos considerado. Finalmente, se obtendrá que el tamaño, el endeudamiento, el carácter turístico o no y la presencia o no de aerolíneas “low cost” en los aeropuertos son determinantes de la ineficiencia; siendo los más pequeños más ineficientes que los mayores y obteniendo los resultados esperados de que cuanto más endeudado esté un aeropuerto será menos eficiente y de que cuanto más turístico y más operen las aerolíneas “low cost” en un aeropuerto más eficiente resultará.

PALABRAS CLAVE: Tamaño, deuda, aeropuerto, producción, eficiencia, estocástica.

1. Introducción

España es una de las principales potencias del turismo mundial recibiendo cada año millones de personas, muchas de las cuales acuden en avión. De acuerdo al Instituto de Estudios Turísticos, www.iet.tourspain.es para el año 2014 España recibió 64.995.275 turistas procedentes del exterior y de ellos por aeropuerto 51.822.859, es decir, el 79,7 %, (para 2013, el último año considerado en el presente capítulo, España recibió 60.675.489 turistas, de los cuales 48.762.922 – un 80,4% – acudió a nuestro país por aeropuerto; los demás años de la serie analizada presentan cifras en torno al 80%) por lo que es relevante

estudiar el comportamiento de los aeropuertos españoles en materia turística, así como su eficiencia técnica. En el presente capítulo de esta tesis se seguirá cuestionando si el tamaño de los aeropuertos españoles tiene relación en este ámbito, siguiendo el estudio de Coto-Millán et al. (2014); es decir, ¿afecta el tamaño a la eficiencia técnica? En la línea del libro de Schumacher (1973), se cuestionará la importancia del tamaño en la economía, en este caso sobre la eficiencia en el transporte aéreo. La presencia de aerolíneas de bajo coste operando en aeropuertos medianos y pequeños hace reflexionar sobre la eficiencia de los mismos. Además, durante los últimos años la deuda acumulada por los diferentes aeropuertos ha ido aumentando, por lo que cabe cuestionarse el efecto que tenga este hecho sobre la eficiencia de este modo de transporte en España y su efecto sobre la eficiencia de los aeropuertos. También es de interés saber si son más eficientes los aeropuertos turísticos. Entendiendo por aquellos los que poseen un 75% o más de sus pasajeros identificados como turistas nacionales o extranjeros.

Para obtener resultados empíricos, se ha recogido información estadística de los cuarenta y siete aeropuertos (aunque actualmente, el Aeropuerto de Torrejón ha cesado su actividad) y se han considerado también los dos helipuertos españoles gestionados por Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (en adelante, AENA). Se han tomado las cuentas analíticas de resultados de AENA y además se han incorporado datos elaborados por el Ministerio de Fomento.

Para calcular la eficiencia técnica debe estimarse, en primer lugar, una función de producción – en este caso de los aeropuertos españoles – con un output y una serie de inputs, que se han aproximado mediante la información estadística descrita en el correspondiente apartado. Después hay que elegir una metodología de estimación de la eficiencia técnica; en el presente ensayo se ha hecho uso de la desarrollada por Battese et al, (1995), basada en fronteras estocásticas y que requiere utilizar variables explicativas de la ineficiencia. Como variables se han elegido el endeudamiento y – como el título sugiere – el tamaño; ambas medidas también por sus correspondientes indicadores. A continuación se presenta el estado del arte sobre eficiencia aeroportuaria, que llega desde finales de los años noventa del pasado siglo hasta nuestros días, siendo cada vez más las aportaciones en esta área tan específica del conocimiento. En el apartado datos se describirán y presentarán los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas, para después presentar el modelo estimado y finalmente los resultados y conclusiones de esta investigación en las que se resolverán cuestiones relativas a la eficiencia y productividad

de los aeropuertos españoles en el periodo de recesión económica y de leve recuperación – en términos macroeconómicos – en el último año considerado.

2. Revisión de literatura

En la Tabla 4.1 se resumen las principales aportaciones de la literatura científica sobre eficiencia en aeropuertos, con publicaciones desde 1997 hasta el año 2015. Como se puede ver ya en los primeros trabajos sobre eficiencia aeroportuaria que corresponden a Hooper et al. (1997) y Guillen et al. (1997) se planteaba la cuestión de si el tamaño es importante en la eficiencia o no. Ha habido otros tópicos de interés como el trabajo de Parker (1999) sobre los efectos de la privatización de los aeropuertos británicos. Sin embargo, el tópico con más literatura en los aeropuertos como se puede comprobar en la Tabla 4.1 es la influencia del tamaño aeroportuario.

La Tabla 4.1 recoge la revisión de literatura de un modo resumido con: Autor, Metodología, Muestra y Resultados Empíricos y es bastante explícita.

Tabla 4.1: Estudios sobre producción y eficiencia aeroportuaria.

Autor/es (año)	Metodología	Muestra	Resultados empíricos
Hooper et al. (1997)	Índice de productividad total de los factores mediante el método de números índice de productividad total de los factores.	Aeropuertos australianos para el período 1988-1992.	Son más eficientes aquellos aeropuertos con mayor número de pasajeros.
Guillen et al. (1997)	DEA (Data Envelopment Analysis)	Estudiar la eficiencia en veintiún aeropuertos estadounidenses para el período 1989-1993.	Los aeropuertos grandes con más servicios en la terminal y más movimientos

			son más eficientes que los pequeños.
Parker (1999)	DEA (Data Envelopment Analysis)	Efectos de la privatización de los aeropuertos británicos durante la década de 1990	Dicha privatización no produjo cambios reseñables en la eficiencia técnica.
Murillo-Melchor (1999)	Índice de Malmquist y la productividad total de los factores	Eficiencia técnica de los aeropuertos españoles en el período 1993-1995.	Son más eficientes aquellos que registran mayor movimiento de pasajeros.
Salazar (1999)	DEA (Data Envelopment Analysis)	Eficiencia técnica de los aeropuertos españoles entre 1993 y 1995.	Los aeropuertos con mayor movimiento de pasajeros son más eficientes.
Martin et al. (2001)	DEA (Data Envelopment Analysis)	Eficiencia técnica de los aeropuertos españoles para el año 1997.	Los aeropuertos grandes (Madrid, Barcelona y Lanzarote) son más eficientes.
Pels et al. (2001)	DEA (Data Envelopment Analysis) y fronteras estocásticas.	Eficiencia técnica de los aeropuertos europeos	Existe una relación directa entre el tamaño y la eficiencia y que los de mayor tamaño son más eficientes.

Abbot et al. (2002)	Índice de Malmquist y una función de producción.	Eficiencia técnica y de escala, así como la productividad total de los factores, las economías de escala y el cambio tecnológico de los aeropuertos australianos en la década de 1990.	No hay relación entre el tamaño y la eficiencia de los aeropuertos; pero encontraron un aumento de eficiencia motivado por el desplazamiento de la función de producción; y realizaron una crítica a la política regulatoria del país.
Bazargan et al. (2003)	Eficiencia técnica mediante fronteras de producción.	Aeropuertos comerciales de Estados Unidos en la década de 1990.	Los aeropuertos de mayor tamaño son menos eficientes
Oum et al. (2006)	Función de producción y panel de datos.	Tamaño de los aeropuertos en las regiones de Asia-Pacífico, Europa y Norteamérica para el período 2001-2003.	Los aeropuertos privados eran más eficientes que los públicos.
Coto-Millán et al. (2007)	Eficiencia técnica y económica mediante fronteras estocásticas.	Aeropuertos españoles para el período 1992-1995.	Los aeropuertos con gran número de movimiento de pasajeros son más eficientes.

Tapiador et al. (2008)	DEA (Data Envelopment Analysis)	Análisis de eficiencia técnica de los aeropuertos españoles para los años 2006 y 2007.	Los aeropuertos grandes como Madrid, Barcelona o Lanzarote son más geográficamente eficientes; frente a los pequeños aeropuertos como Albacete, A Coruña, Badajoz, Salamanca y Sevilla que son geográficamente ineficientes.
Pestana et al. (2008)	DEA (Data Envelopment Analysis).	Aeropuertos británicos en el período 2001-2003.	Los aeropuertos de menos tamaño son menos eficientes.
Pestana (2008a)	Fronteras estocásticas de costes.	Eficiencia económica de los aeropuertos del Reino Unido para el período 2000-2006.	Dada la heterogeneidad de los aeropuertos británicos, los de tamaño medio son más eficientes que los grandes.
Pestana (2008b)	DEA (Data Envelopment Analysis).	Impacto de la crisis económica en la eficiencia técnica de los aeropuertos argentinos en el período 2003-2007.	Los aeropuertos grandes fueron más inmunes a la crisis, frente a la mayor sensibilidad de los pequeños aeropuertos regionales; además la eficiencia decreció a lo

			largo del período estudiado.
Martín et al. (2009)	Fronteras estocásticas.	Eficiencia de los aeropuertos españoles en el período 1991-1997.	Son más eficientes los de mayor tamaño.
Perelman et al. (2010)	DEA (Data Envelopment Analysis).	Eficiencia técnica para el caso de los aeropuertos de América Latina	Son más eficientes los aeropuertos con mayores movimientos de pasajeros.
Tovar et al. (2010)	Función estocástica de distancia para analizar la productividad total de los factores.	Veintiséis aeropuertos españoles en el período 1993-1999.	Son más eficientes los aeropuertos centrales, pero sin encontrar relación alguna con el tamaño del aeropuerto.
Martín et al. (2011)	Eficiencias técnicas y asignativas mediante fronteras estocásticas.	161 aeropuertos a lo largo del mundo.	Existe un impacto positivo entre el tamaño del aeropuerto y la eficiencia técnica; y la tecnología aeroportuaria presenta rendimientos crecientes de escala.
Lozano et al. (2011)	DEA (Data Envelopment Analysis).	Análisis de eficiencia técnica del sistema aeroportuario español para el año 2007.	Relación directa entre el tamaño del tráfico de pasajeros y la eficiencia técnica de cada aeropuerto.

Bottasso et al. (2012)	Función de producción Cobb Douglas.	Grandes aeropuertos británicos.	Las aerolíneas de bajo coste tienen un efecto positivo sobre la productividad total de los factores de los aeropuertos
Voltes-Dorta et al. (2012)	Fronteras de costes de corto plazo.	Impacto de la recesión en la eficiencia de los costes y el rendimiento financiero de 194 aeropuertos a lo largo del mundo en el período 2007-2009.	Importantes economías de escala y de capacidad de utilización así como una caída de un 5.85% de la eficiencia en los costes.
Scotti et al. (2012)	Función aproximada de demanda potencial y un multi output estocástico modelo de frontera.	Impacto de la competencia en la eficiencia en 38 aeropuertos italianos para el período 2005-2008 / 460 aeropuertos de 18 países pertenecientes a <i>European Common Aviation Area</i> (ECAA).	La competencia intensiva tuvo un impacto negativo en la eficiencia. Los aeropuertos pertenecientes a un transporte local donde la competencia es más fuerte, explotan sus inputs menos intensivamente que los aeropuertos con poder monopolio local. / Los aeropuertos públicos son más eficientes que los privados o mixtos.

Choo et al. (2013)	Fronteras estocásticas	Impacto de los servicios de las compañías de bajo coste sobre la eficiencia de los grandes aeropuertos de Estados Unidos con un panel 2007-2010 con 63 aeropuertos.	La presencia de aerolíneas de bajo coste impacta negativamente en la eficiencia operativa de la mayoría de los aeropuertos.
Hong Kan Tsui et al. (2014)	Modelo Slacks-Based Measure (SBM) y el índice de productividad de Malmquist (MPI).	Eficiencia y productividad de los aeropuertos de Nueva Zelanda entre 2010 y 2012.	La mayoría de aeropuertos en este período aumentaron su eficiencia, aunque sufrieron un retroceso tecnológico. La celebración en 2011 del Rugby World Cup aumentó el número de pasajeros y la eficiencia de los aeropuertos en ese año.
Coto-Millán et al. (2014)	DEA (Data Envelopment Analysis).	Eficiencia técnica de treinta y cinco aeropuertos españoles para el período 2009-2011.	Los aeropuertos con mayor tamaño resultan más eficientes. Aumento de la eficiencia en los aeropuertos debido al aumento de pasajeros de las aerolíneas de bajo coste.

Augustyniak, W. et al. (2015)	Índice de productividad de Malmquist (MPI).	Eficiencia de los aeropuertos polacos después del ingreso de este país en la Unión Europea, en contraste con los aeropuertos alemanes.	Mejora significativa en la eficiencia técnica después de la adhesión a la UE
----------------------------------	---	--	--

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados de todos los trabajos empíricos para los aeropuertos españoles en períodos anteriores y posteriores a la crisis económica concluyen que los aeropuertos grandes (en términos de número de pasajeros) son más eficientes.

Puede observarse que en la literatura revisada también para aeropuertos no españoles que el tamaño afecta positivamente a la eficiencia en la mayoría de los estudios considerados. En este ensayo contrastaremos si en el período 2009 a 2013 los aeropuertos españoles siguen esa tendencia y además contrastaremos como causa explicativa de la eficiencia el grado de endeudamiento aeroportuario, la importancia del turismo en cada aeropuerto y la presencia de aerolíneas “low cost”.

3. Modelo

Se parte de un modelo teórico con una función de producción Cobb-Douglas que se presenta en forma funcional multiplicativa en (1), en la que se explica la producción de los aeropuertos españoles mediante los inputs capital, trabajo y consumos intermedios:

$$Y_{it} = e^{\beta_0} K_{it}^{\beta_1} L_{it}^{\beta_2} CI_{it}^{\beta_3} e^{\varepsilon_{it}} \quad (1)$$

Por simplicidad, se denota como Y_{it} a la producción medida por el número de pasajeros por cada aeropuerto y año; K_{it} al capital medido por el activo fijo neto; L_{it} como el gasto de personal y CI_{it} los consumos intermedios medidos por otros gastos de explotación. Por su parte, ε_{it} es el término de error. La ecuación (1) se linealiza tomando logaritmos y es estimada haciendo uso de técnicas econométricas de datos de panel. Por ello, se llega a la expresión (2):

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln CI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

La eficiencia técnica es una medida de la obtención del máximo output posible dadas unas cantidades de inputs y unas relaciones productivas (Álvarez et al 2003). Puede calcularse con una función de producción frontera (Farrell, 1957), existiendo unidades técnicamente eficientes situándose por encima de dicha frontera frente a unidades técnicamente ineficientes situadas por debajo de la misma, obteniendo menor cantidad de output que el posible. El principal problema que surge es la elección de la función frontera, pudiendo diferenciar entre fronteras paramétricas determinísticas y estocásticas, y no paramétricas. Tanto Battese et al, (1992) como Kumbhakar (1990) emplean el método de máxima verosimilitud en la estimación, asumiendo independencia entre la eficiencia técnica y los regresores, y considerando que el componente del error v_{it} representa la perturbación simétrica, y se supone que se distribuye idéntica e independientemente como una $N(0, \sigma_v^2)$ y que el término de ineficiencia se distribuye según una normal truncada $N^+(\mu, \sigma_u^2)$ en el caso de los primeros y una seminormal $N^+(0, \sigma_u^2)$ para el último. Debido a que este término del error recoge los efectos individuales específicos de cada unidad productiva que capturan los efectos latentes no observables de cada unidad productiva, para recoger los efectos individuales (η_{it}) se puede introducir una variable dummy para cada unidad productiva. Estos efectos individuales son interpretados en la literatura científica como índices de eficiencia: técnica en la función de producción y económica en la función de costes. Pueden calcularse como $\exp(\alpha_i - \max(\alpha_i))$, para una función de producción; en donde α_i es el coeficiente estimado para la dummy (i) del que se sustrae el valor máximo del coeficiente estimado para esta variable ficticia. Según este método, la unidad productiva más eficiente tomará el valor unidad. Las diferencias entre los distintos índices tratan de explicar las diferencias de eficiencia entre las distintas unidades productivas.

Battese et al, (1995) presentaron un marco teórico para estimar la eficiencia técnica con fronteras de producción estocástica para datos de panel, Parten de una frontera estocástica de producción como la siguiente (3):

$$y_{it} = \exp(x_{it} \beta + v_i - u_{it}) \quad (3)$$

Donde y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos (i.i.d.) como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción. La ineficiencia técnica, u_{it} , puede especificarse de la siguiente forma (4):

$$u_{it} = z_{it}\delta + W_{it} \quad (4)$$

En donde se define W_{it} como el truncamiento de la distribución normal con media cero y varianza constante tal que el punto de truncamiento es $-z_{it}\delta$ tal que $W_{it} \geq -z_{it}\delta$, Utilizando un método de máxima verosimilitud, estos autores estiman la eficiencia técnica a partir de la ecuación (5):

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (5)$$

En la presente investigación, se utilizará esta última metodología de cálculo de eficiencia técnica estocástica dinámica desarrollada por Battese et al, (1995), por lo que se partirá de la siguiente frontera estocástica de producción (6):

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (6)$$

Donde y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs que incluye los factores productivos capital, trabajo y consumos intermedios; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción aeroportuaria. Así, se estimará por máxima verosimilitud la ecuación de regresión (7):

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln CI_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (7)$$

Donde v_i y u_{it} son los términos descritos anteriormente, considerando como determinantes de la ineficiencia la deuda acumulada y el tamaño de cada aeropuerto. Además, se obtendrán γ , σ^2 y τ , la media, la varianza y una tendencia temporal. Finalmente, especificando la ineficiencia técnica como $u_{it} = z_{it}\delta + W_{it}$, se calculará la eficiencia técnica estocástica como la expresión (8):

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (8)$$

En donde W_{it} es el punto de truncamiento de la distribución normal tal que $W_{it} \geq -z_{it}\delta$.

4. Datos

Para la realización del presente capítulo se ha hecho uso de las publicaciones anuales de la cuenta de resultados de AENA y del Ministerio de Fomento recogidos por el INE para el período 2009-2013 de 49 aeropuertos españoles; teniendo así 49 unidades de sección cruzada con 5 periodos temporales. Como inputs de la función de producción se han utilizado el trabajo, el capital y los consumos intermedios, de acuerdo a Oum et al. (2003). El trabajo se ha aproximado mediante los gastos de personal; el factor capital utilizando el activo fijo neto; y los consumos intermedios haciendo uso de otros gastos de explotación y las amortizaciones. En la Tabla 4.2 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el análisis de regresión.

Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos.

VARIABLE	INDICADOR	MEDIA	MEDIANA	DESV.ST D	MAX	MIN	UNIDAD	FUENTE	PERIODO
Y	PASAJEROS	4029,60	920	8661,57	49633	1	Miles de pasajeros	Fomento	2009-2013
K	ACTIVO FIJO NETO	322,43	78,73	929,30	6164,23	0,72	Millones de euros	AENA	2009-2013
L	PERSONAL	8,13	4,49	11,29	81,89	0,12	Millones de euros	AENA	2009-2013
CI	OTROS GASTOS DE EXPLOTACIÓN	21,17	4,98	55,14	351,09	0,37	Millones de euros	AENA	2009-2013
DEUDA	DEUDA ACUMULADA	252,32	85,12	848,23	6085,22	-243,97	Millones de euros	AENA	2009-2013
TAMAÑO	NÚMERO DE AERONAVES	35766,63	9433	72379,39	429063	43	Número aeronaves por aeropuerto	Fomento	2009-2013

FUENTE: Elaboración propia.

Como indicador de la producción se ha utilizado el número de pasajeros medido en miles de pasajeros con una media de 4.029,60. Por su parte, como inputs de la función de producción se han considerado el activo fijo neto como capital, el personal como trabajo y otros gastos de explotación normalizados con las amortizaciones como consumos intermedios; el valor medio del capital es de 78,73, el del trabajo 4,49, el de otros gastos de explotación de 21,17 millones de euros y el de las amortizaciones de 15,86 millones de euros. Finalmente, como determinantes de la ineficiencia técnica se han considerado la deuda acumulada medida en millones de euros y tamaño de los aeropuertos medido por el número de aeronaves que operaron por año, con valores medios – respectivamente – de 4,18 y 85,12.

El mayor número de pasajeros lo alcanzó el aeropuerto de Madrid-Barajas en 2010, con 49.633 mil pasajeros; frente al menor dato obtenido por el aeropuerto de Huesca con mil pasajeros en 2012. También fue Barajas en 2010 quien tenía mayor activo fijo neto con 6.164,23 millones de euros; por su parte, Torrejón en 2009 tiene el menor dato de esta variable, 720 mil euros. En cuanto a los miles de euros gastados en personal, Madrid-Barajas con 81,89 en 2012 alcanza el valor máximo y Torrejón en 2013 con 120 mil euros el mínimo. 351,09 millones de euros fueron los consumos intermedios en 2012 de Madrid-Barajas – valor máximo – y 370 mil euros en 2013 el aeropuerto de Algeciras el mínimo valor de esta variable. 291,37 millones de euros fueron las amortizaciones en 2009 de Madrid-Barajas y Torrejón 0,2 millones en 2009. El mayor endeudamiento de la muestra son los 6085,22 millones de euros alcanzados por Madrid-Barajas en 2010; por su parte, la menor deuda acumulada fue la del aeropuerto Tenerife Sur en 2009 con - 243,97 millones de euros. El total de gastos de personal se redujo en 2013 por las salidas del Plan Social de Desvinculación Voluntaria al igual que la deuda y las amortizaciones, estas debido al fin de la vida útil de muchos activos, destacando el cese de actividad de Torrejón (AENA, 2014). Finalmente, el mayor tamaño fueron las 429.063 aeronaves de Barajas en 2009; y el menor, Huesca en 2012 con únicamente 43 aeronaves.

5. Resultados

Las ecuaciones (7) y (8) se han estimado por máxima verosimilitud mediante la metodología desarrollada por Battese y Coelli (1995) utilizando el software libre R, obteniendo – tras 55 iteraciones – los resultados que se muestran en la Tabla 4.3:

Tabla 4.3: Estimación del modelo.

	Estimación	Std. Error	z valor	Pr(> z) (Signif.)	
Constante	1,142	0,180	6,326	0,000 (****)	
log(K)	0,560	0,055	10,165	0,000 (****)	
log(L)	0,073	0,019	3,840	0,000 (****)	
log(CI)	0,215	0,045	4,741	0,002 (****)	
Z_(Constante)	1,159	0,182	6,359	0,000 (****)	
Z_log(TAM)	-0,487	0,031	-15,770	0,000 (****)	
Z_log(D)	0,341	0,027	12,737	0,000 (****)	
Z_LOW	-0,024	0,006	-4,107	0,000 (****)	
Z_DTUR	-0,028	0,015	-1,902	0,057 (*)	
Cód. significación:	0 '****'	0,001 '***'	0,01 '**'	0,05 '*'	0,1 ''
Logaritmo de la función de máxima verosimilitud				412,888	

FUENTE: Elaboración propia.

Se obtienen los siguientes valores ajustados de la función de producción (9), en la que resultan positivos los tres factores productivos empleados:

$$\hat{LnY}_{it} = 1,142 + 0,560LnK_{it} + 0,073LnL_{it} + 0,215LnCI_{it} \quad (9)$$

Puede observarse que todas las variables utilizadas en el análisis de regresión son significativas, tanto para explicar la función de producción aeroportuaria como para explicar los determinantes de la ineficiencia. Los aeropuertos españoles operan bajo

rendimientos decrecientes de escala, siendo el capital el factor productivo que mayor aporta al output, dado que los aeropuertos son infraestructuras intensivas en capital. Por su parte, resulta relevante el tamaño como determinante de la ineficiencia, su valor negativo (-0,487) indica que los aeropuertos con más tamaño (con mayores tráficos de aeronaves) resultan mucho más eficientes. Además, el endeudamiento es otro factor determinante de la ineficiencia (0,341), ya que explica gran parte de la misma; cuanto mayor sea el endeudamiento de un aeropuerto más ineficiente será. Por su parte, la presencia de aerolíneas de bajo coste y el turismo afectan negativamente a la ineficiencia (de ahí sus valores negativos -0,024 y -0,028, respectivamente), es decir, son factores determinantes de la eficiencia.

En la Tabla 4.4 se muestra la media anual de la eficiencia. Puede observarse que ha ido cayendo entre 2009 y 2012, recuperándose en 2013. Parece fruto de la crisis económica sufrida por España y se ve como en 2013 la situación ha mejorado pero sin alcanzar los niveles de 2011.

Tabla 4.4: Eficiencia media por año.

2009	2010	2011	2012	2013
0,526	0,517	0,517	0,506	0,508
Eficiencia media		0,515		

FUENTE: Elaboración propia.

Por su parte, en la tabla 4.5 pueden verse los resultados de eficiencia estocástica dinámica para los aeropuertos españoles entre 2009 y 2013.

Tabla 4.5: Resultados de eficiencia estocástica dinámica para los aeropuertos españoles (período 2009-2013).

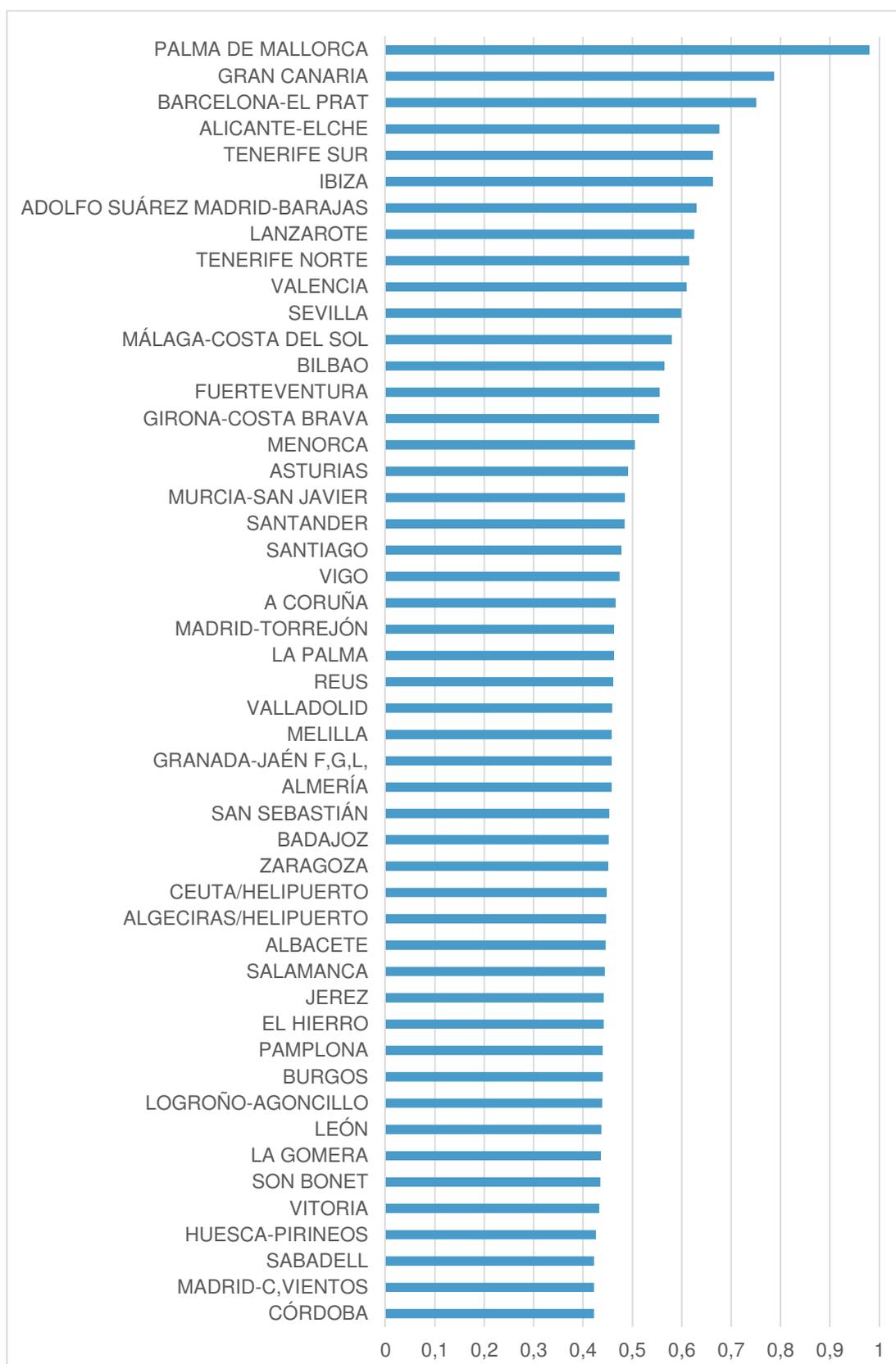
AEROPUERTO	2009	2010	2011	2012	2013	MEDIA
ALBACETE	0,448	0,447	0,446	0,444	0,444	0,446
ALGECIRAS/HELIPUERTO	0,451	0,449	0,449	0,443	0,443	0,447
ALICANTE-ELCHE	0,742	0,696	0,664	0,628	0,648	0,676
ALMERÍA	0,466	0,463	0,458	0,451	0,452	0,458
ASTURIAS	0,497	0,498	0,492	0,483	0,482	0,491
BADAJOS	0,456	0,453	0,451	0,450	0,450	0,452
BARCELONA-EL PRAT	0,720	0,715	0,767	0,759	0,794	0,751
BILBAO	0,567	0,571	0,567	0,558	0,561	0,565
BURGOS	0,444	0,441	0,442	0,437	0,437	0,440
CEUTA/HELIPUERTO	0,445	0,449	0,456	0,445	0,444	0,448
CÓRDOBA	0,429	0,423	0,420	0,420	0,417	0,422
A CORUÑA	0,481	0,483	0,469	0,450	0,448	0,466
MADRID-C,VIENTOS	0,425	0,422	0,422	0,419	0,420	0,422
FUERTEVENTURA	0,544	0,553	0,573	0,545	0,559	0,555
GIRONA-COSTA BRAVA	0,598	0,588	0,531	0,525	0,528	0,554
GRANADA-JAÉN F,G,L,	0,470	0,461	0,457	0,452	0,451	0,458
EL HIERRO	0,445	0,441	0,442	0,440	0,441	0,442
IBIZA	0,660	0,660	0,671	0,659	0,665	0,663
JEREZ	0,429	0,449	0,447	0,441	0,442	0,442
LANZAROTE	0,638	0,622	0,633	0,614	0,619	0,625
LA PALMA	0,475	0,464	0,463	0,452	0,463	0,463
LOGROÑO-AGONCILLO	0,445	0,440	0,437	0,437	0,436	0,439
LA GOMERA	0,439	0,435	0,436	0,435	0,435	0,436
LEÓN	0,445	0,439	0,439	0,432	0,433	0,437
GRAN CANARIA	0,846	0,772	0,791	0,762	0,764	0,787
ADOLFO SUÁREZ MADRID-BARAJAS	0,640	0,635	0,649	0,607	0,617	0,630
MADRID-TORREJÓN	0,471	0,466	0,459	0,459	0,460	0,463
MENORCA	0,511	0,509	0,508	0,500	0,501	0,505
MÁLAGA-COSTA DEL SOL	0,611	0,599	0,564	0,560	0,564	0,580
MELILLA	0,463	0,457	0,457	0,458	0,457	0,458
HUESCA-PIRINEOS	0,426	0,425	0,426	0,425	0,425	0,426
PALMA DE MALLORCA	0,997	0,974	0,980	0,972	0,976	0,980
PAMPLONA	0,452	0,445	0,441	0,433	0,432	0,440
REUS	0,481	0,468	0,463	0,446	0,446	0,461
SABADELL	0,425	0,422	0,421	0,420	0,420	0,422
SALAMANCA	0,450	0,445	0,444	0,441	0,441	0,444

MURCIA-SAN JAVIER	0,496	0,489	0,482	0,479	0,479	0,485
SAN SEBASTIÁN	0,457	0,453	0,454	0,450	0,450	0,453
SON BONET	0,436	0,435	0,436	0,435	0,435	0,435
TENERIFE SUR	0,729	0,635	0,649	0,650	0,650	0,663
TENERIFE NORTE	0,614	0,610	0,684	0,584	0,584	0,615
SANTANDER	0,494	0,481	0,484	0,479	0,479	0,484
SANTIAGO	0,504	0,491	0,476	0,459	0,459	0,478
SEVILLA	0,616	0,599	0,609	0,585	0,585	0,599
VALENCIA	0,638	0,639	0,612	0,581	0,581	0,610
VALLADOLID	0,465	0,463	0,463	0,453	0,453	0,459
VIGO	0,491	0,484	0,476	0,460	0,460	0,474
VITORIA	0,443	0,432	0,430	0,431	0,431	0,433
ZARAGOZA	0,455	0,454	0,453	0,445	0,445	0,451

FUENTE: Elaboración propia.

La Figura 4.1 muestra la media de eficiencia para cada aeropuerto. Los más eficientes fueron los de Palma de Mallorca, Gran Canaria, Barcelona, Alicante, Ibiza, Tenerife Sur, Adolfo Suárez Madrid Barajas, Lanzarote, Tenerife Norte y Valencia, con valores superiores a 0,60; frente a los de Logroño, León, La Gomera, San Bonet, Vitoria, Huesca, Córdoba, Madrid Cuatro Vientos y Sabadell, que fueron los más ineficientes, con valores inferiores a 0,44.

Figura 4.1: Eficiencia media de los aeropuertos españoles (2009-2013).



FUENTE: Elaboración propia.

4. Conclusiones

La actividad de los aeropuertos españoles no es ajena a la situación económica y muestra una eficiencia decreciente y un aumento en el último año analizado en el que a pesar de disminuir el número de viajeros, los ingresos ordinarios de AENA aumentaron fruto del positivo impacto de la adaptación de las tarifas al mercado y a un proceso de ajuste en el que disminuyeron todas las variables utilizadas en el presente artículo. Se han cumplido los objetivos marcados inicialmente, describiendo la producción aeroportuaria española utilizando datos de una amplia muestra de cuarenta y nueve aeropuertos en el quinquenio 2009-2013, con el activo fijo neto, los salarios y otros gastos de explotación como inputs del output medido por el número de pasajeros. Dicha producción opera bajo rendimientos decrecientes en un contexto de pérdida de productividad y de cambio tecnológico motivado por la recesión sufrida. Es destacable la intensidad del factor capital en este tipo de infraestructuras. Además se han elaborado unos resultados de eficiencia para cada aeropuerto y año, obteniéndose además sus determinantes: el tamaño medido por el número de aeronaves y la deuda total acumulada, que tienen un impacto significativo para describir la eficiencia técnica. Se ha contrastado empíricamente – al igual que en las principales aportaciones literarias sobre eficiencia en los aeropuertos españoles – que los aeropuertos grandes son más eficientes que los pequeños por lo que en este estudio el tamaño importa y a pesar de los nuevos usos de los aeropuertos de menor tamaño, permanecen siendo más eficientes los de mayor tamaño: los aeropuertos más grandes, Palma de Mallorca, Gran Canaria, Barcelona-El Prat, Alicante, Ibiza, Tenerife Sur y Adolfo Suárez Madrid-Barajas, son también los más eficientes.

Por su parte, no ajena al escenario de los pasados años y correlacionada con las malas cifras macroeconómicas, la deuda acumulada de los aeropuertos españoles fue aumentando paulatinamente entre 2009 y 2012, disminuyendo en 2013. Este endeudamiento tiene un significativo efecto negativo sobre la eficiencia de los aeropuertos españoles.

Se ha contrastado empíricamente si la presencia de aerolíneas de “low cost” en los aeropuertos afecta positiva o negativamente a su eficiencia y se concluye que los aeropuertos con aerolíneas “low cost” son más eficientes que los aeropuertos sin aerolíneas “low cost”.

Finalmente, cabe reseñar que además de los principales aeropuertos de las dos ciudades mayores del país, los aeropuertos más eficientes se corresponden con zonas eminentemente turísticas como las principales ciudades de los archipiélagos balear y canario, Alicante y la Costa del Sol.

Estos resultados empíricos describen la situación de la producción y de la eficiencia de los aeropuertos españoles, siendo de interés para los gestores aeroportuarios, las aerolíneas, los tour-operadores y los reguladores.

Como observación general hay que decir que los niveles de eficiencia media aeroportuaria son bajos del 51,4% queda por tanto aún un 48,6% de ineficiencia media. La recomendación que se ha de hacer es que se ha de mejorar la eficiencia media de los aeropuertos españoles. La pregunta que surge entonces es: ¿Cómo mejorar esta eficiencia? La respuesta que podemos ofrecer concluida esta investigación es que se debe de aumentar el tamaño, reducir el endeudamiento, aumentar el turismo y las operaciones de las aerolíneas “low cost”.

5. Referencias

Abbott, M. y Wu, S., 2002: “Total factor productivity and efficiency of Australian airports”. *The Australian Economics Review* 35, 3, 244–260.

AENA (2014): “Análisis de resultados”. <http://www.aena.es/csee/ccurl/984/779/memoriaAA-2013-resultados.pdf>.

Álvarez, A., Arias, C. y Orea, L. (2003): *Introducción al análisis empírico de la producción*, Universidad de Oviedo

Augustyniak, W., López-Torres, L. y Kalinowski, S. (2015): “Performance of Polish regional airports after accessing the European Union: Does liberalisation impact on airports' efficiency?”. *Journal of Air Transport Management*, 43, 11-19.

Bazargan, M. y Vasigh, B. (2003): “Size versus efficiency: a case study of US commercial airports”. *Journal of Air Transport Management*, 9, 187–193.

Battese, G. E. y Coelli, T. J (1992): “Frontier production functions, technical efficiency and panel data, with application to paddy farmers in India”. *Journal of Productivity Analysis* , 3, 153-169

Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1995): “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”. *Empirical economics*, 20: 325-332

Bottasso, A., Conti, M. y Piga, C. (2012): “Low-cost carriers and airports’ performance: empirical evidence from a panel of UK airports”. *Industrial and Corporate Change* , 22 (3), 745-769.

Choo, Y.Y. y Oum, T. H. (2013): “Impacts of low cost carrier services on efficiency of the major U.S. airports”. *Journal of Air Transport Management* , 33, 60-67.

Coto-Millán, P., Carrera, G., Castanedo, J., Pesquera, M.A., Inglada, V., Sainz, R. y Nuñez, R. (2007): “Efficiency Stochastic Frontiers: a Panel Data Analysis for Spanish Airports (1992-1994)”. Chapter 8 in Coto-Millán, P. e Inglada, V. (2007): *Essays on Transport Economics*. Springer. 121-126.

Coto-Millán, P., Casares-Hontañón, P., Inglada, V., Agüeros, M., Pesquera, M.A. y Badiola, A. (2014): “Small is beautiful? The impact of economic crisis, low cost carriers and size on efficiency in Spanish airports (2009-2011)”. *Journal of Air Transport Management*, 40, 34-41.

Farrell, M. J. (1957): “The measurement of productive efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society*, Serie A, volumen 120, pags 253-281

Gillen, D. y Lall, A. (1997): “Developing measures of airport productivity and performance: An application of data envelopment analysis”. *Transportation Research E* 33, 261–273.

Hong Kan Tsui, W., Gilbey, A. y Ozer Balli, H. (2014): “Estimating airport efficiency of New Zealand airports”. *Journal of Air Transport Management* 35, pags 78 - 86.

Hooper, P.G. y Hensher, D.A. (1997): “Measuring Total Factor Productivity of Airports – an Index Number Approach”. *Transportation Research E: Logistics and Transportation Review* 33, 4, 249-259.

Kumbhakar, S. C. (1990): "Production frontiers, panel data, and time-varying technical efficiency", *Journal of Econometrics* 46, 201-212

Lozano, S. y Gutierrez, E. (2011): "Efficiency analysis and Target Setting of Spanish Airports". *Networks and Spatial Economics* 11, 139-157.

Martin, J.C. y Roman, C. (2001): "An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization". *Journal of Air Transport Management* 7, 149-157.

Martin, J.C. y Román, C. (2009): "A stochastic frontier analysis to estimate the relative efficiency of Spanish airports". *Journal of Productivity Analysis*, 31: 163-176.

Martin, J.C. y Voltes-Dorta, A. (2011): "The econometric estimation of airports' cost function". *Transportation Research Part B* 45 (1), 112–127.

Murillo-Melchor, C. (1999): "An analysis of technical efficiency and productivity changes in Spanish airports using the Malmquist index". *International Journal of Transport Economics* 26, 2, 271-292.

Oum, T. H., Yu, C. y Fu, X. (2003): "A comparative analysis of productivity performance of the world's major airport: summary report of the ATRS global airport benchmarking research report-2002". *Journal of Air Transport Management* 9, 285–297.

Oum, T.H., Adler, N. y Yu, C. (2006): "Privatization, corporatization, ownership forms and their effects on the performance of the world's major airports". *Journal of Air Transport Management* 12, 109-121.

Parker, D. (1999): "The performance of BAA before and after privatization. *Journal of Transport Economics and Policy*" 33, 133–146.

Pels, E., Nijkamp, P. y Rietveld, P. (2003): Inefficiencies and scale of European airports operations. *Transportation Research Part E* 39, 341–361.

Perelman, S. y Serebrisky, T. (2010): "Measuring the technical efficiency of airports in Latinamerica". *Policy Research Working Paper Series 5339*, World Bank.

Pestana, C.B. (2008a): “The Measurement of Efficiency of UK Airports, Using a Stochastic Latent Class Frontier Model”. *Transport Reviews* 29, 4, 479-498.

Pestana, C.B. (2008b): “Airports in Argentina: Technical efficiency in the context of an economic crisis”. *Journal of Air Transport Management* 14, 315–319.

Pestana, C.B. y Dieke, P.U.C. (2008): “Measuring the economic efficiency of airports: A Simar-Wilson methodology analysis”. *Transportation Research E: Logistics and Transportation Review* 44, 6, 1039-1051.

Salazar, F. (1999): “A DEA approach to the Airport production function”. *International Journal of Transport Economics* 2, 26, 255–270.

Schumacher, E. F. (1973): “Small is Beautiful. Economics as if People Mattered”. Londres: Blond & Briggs.

Scotti, D., Malighetti, P. Martini, G. y Volta, N. (2012): The impact of airport competition on technical efficiency: A stochastic frontier analysis applied to Italian airport. *Journal of Air Transport Management*, 22, 9 - 15.

Tapiador, F. J., Mateos, A. y Martí-Henneberg, J. (2008): “The geographical efficiency of Spain’s regional airports: A quantitative analysis”. *Journal of Air Transport Management* 14, 205-212.

Tovar, B. y Rendeiro Martín-Cejas, R. (2010): “Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach”. *Transportation Research E: Logistics and Transportation Review* 46, 2, 249-260.

Voltes-Dorta, A. y Pagliari, R. (2012): “The impact of recession on airports’ cost efficiency”. *Transport Policy* 24, 211–222.

Capítulo V: Regulación y eficiencia en las empresas de servicios portuarios (1993-2013)

RESUMEN

En este trabajo se emplea el método de fronteras estocásticas para analizar la regulación y la eficiencia técnica de las empresas privadas domiciliadas en España de los diez diferentes subsectores portuarios siguientes: Prácticos; remolcadores; amarradores; estibadores; pasaje; suministros; recogida de basuras y residuos contaminantes; transitarios; consignatarios; y operadores logísticos, para el periodo 1993-2013. Los resultados muestran que la regulación portuaria del periodo, en especial la Ley de 2010, ha proporcionado mayor eficiencia al conjunto de los subsectores portuarios.

PALABRAS CLAVE: fronteras estocásticas, eficiencia técnica, función de producción.

1. Introducción

El transporte marítimo constituye el 90% del comercio internacional, en concreto el 60% de las exportaciones y el 85% de las importaciones (Ministerio de Fomento, 2015). Podemos definir un sistema portuario como un conjunto de espacios terrestres, aguas marinas, infraestructuras e instalaciones diversas que, situados en un litoral, poseen un conjunto de condiciones físicas y organizativas que hacen factible la prestación de servicios portuarios en general. Ejemplos de dichos servicios pueden ser las operaciones de entrada, salida, atraque, desatraque, estancia y reparación de los buques, así como el almacenamiento de dichas mercancías en el espacio portuario.

En este sentido, cualquier puerto debe aglutinar una serie de características que posibiliten el desarrollo de las actividades propias de la industria del transporte marítimo. Además de ello, resulta fundamental que una superficie portuaria se encuentre equipada de

distintos recursos y medios que permitan efectuar las operaciones portuarias con seguridad, eficacia, rapidez, economía y seguridad. Para ello, es preciso que el equipamiento de las instalaciones portuarias esté dotado de infraestructuras que faciliten el transporte intermodal, sin olvidar el componente logístico asociado a cualquier operación de transporte marítimo. Desde el punto de vista económico, podemos decir que los puertos son centros intercambiadores de mercancías y pasajeros entre diferentes modos de transporte y de prestación de servicios de carácter heterogéneo a los navíos.

Debido a la considerable diversidad de servicios portuarios existentes, en el presente capítulo se ha optado por dividir las actividades portuarias en subsectores; concretamente, desarrollaremos este ensayo considerando un total de diez subsectores, que son los siguientes: prácticos, remolcadores, amarradores, pasaje, estibadores, suministros, recogida de basuras y residuos contaminantes, transitarios, consignatarios y operadores logísticos.

A continuación se especifica la actividad económica de las empresas que se integran en cada uno de los diez subsectores portuarios.

1) **Prácticos.** La labor de los prácticos consiste en el auxilio para el gobierno del buque prestado por un técnico conocedor del puerto, para conducirlo desde la entrada del puerto a un fondeadero o lugar de amarre en el interior del puerto o desde éstos a su salida.

2) **Remolcadores.** Sociedades que realizan las tareas de ayuda al movimiento de un buque para su maniobra en puerto, mediante su enganche a otro que le proporciona fuerza motriz.

3) **Amarradores,** que comprende las operaciones de situar las amarras de los buques en los puntos previstos para ello en los muelles, cambiarlas de un lugar a otro, o largarlas cuando zarpa el buque.

4) **Pasaje.** Embarque y desembarque de pasajeros así como carga y descarga de equipajes y de vehículos, incluyendo tanto la organización como el control y el manejo de los medios necesarios para estos fines.

5) **Estibadores.** Bajo esta denominación se integra la actividad de las sociedades que se encargan del depósito de la mercancía a transportar en el recinto portuario hasta su elevación por encima de la borda del buque y su acomodo en condiciones de seguridad para la estabilidad del buque en cubierta o en bodega, así como las operaciones inversas.

6) **Suministros.** Estos servicios comprenden principalmente el suministro a los buques de agua, combustibles, alimentos, repuestos y demás elementos que necesitan para la realización de una expedición marítima, así como de energía eléctrica cuando permanecen en el puerto.

7) **Recogida de basuras y residuos contaminantes.** Este servicio se presta generalmente por empresarios privados.

8) **Transitarios.** Sociedades cuya actividad se centra en la mediación entre las empresas exportadoras e importadoras y las empresas de transporte internacional, en cualquiera de sus modalidades.

9) **Consignatarios.** Son las personas físicas o jurídicas que tienen a su cargo la representación del buque en puerto. Su principal cometido es encargarse de las gestiones administrativas que conlleva la llegada de un buque a puerto y de la contratación de los servicios portuarios relacionados con las mercancías, pasajeros y avituallamiento del buque.

10) **Operadores logísticos.** Empresas de naturaleza privada integradas en los sistemas portuarios cuya función fundamental se centra en prestar un conjunto de servicios portuarios de almacenaje y logística.

1.1. Síntesis del marco jurídico del sistema portuario español

En lo que se refiere al ámbito jurídico que regula el funcionamiento del sistema portuario durante las últimas décadas, podemos citar como primera referencia la Ley 27/1992, la cual define el primer modelo portuario español. Se orienta hacia una mayor autonomía en la gestión y mejoras en los servicios portuarios prestados tratando de dar respuesta al exceso de burocracia y la falta de eficacia en la gestión. La expresión “eficacia y rentabilidad en la gestión” se repite reiteradamente a lo largo del texto de esta ley.

Posteriormente y con la finalidad de otorgar mayor autonomía funcional y de gestión a cada Autoridad Portuaria, se aprueba la Ley 62/1997 de 26 de Diciembre, que modificaba la Ley 27/1992. Incorpora la participación de las Comunidades Autónomas a la gestión de las Autoridades Portuarias mediante la propuesta de nombramiento del Presidente de la Autoridad Portuaria y una mayoría en el Consejo de Administración.

La siguiente ley introduce cambios sustanciales en la gestión portuaria se aprueba en el año 2003, en concreto, la Ley 48/2003, de 26 de Noviembre, de Régimen Económico y Prestación de Servicios de los Puertos de Interés General. Esta ley modifica sustancialmente la aprobada en 1992, aunque sin derogarla completamente. Básicamente, esta Ley constituye un paso adicional hacia la dotación de las Autoridades Portuarias de instrumentos para mejorar la eficacia de los puertos. Más concretamente, adapta el sistema tarifario portuario a la obligada naturaleza de tasas, avanza hacia la liberalización y privatización gradual de los servicios portuarios e incorpora una completa regulación del dominio público portuario para potenciar la participación privada. La Ley 48/2003 también utiliza reiteradamente el término “eficacia”, para lo cual considera necesaria una mayor implicación de la iniciativa privada, en interacción con la pública que genere mayor competencia interportuaria tanto a nivel nacional como internacional, así como la competencia intraportuaria entre los distintos prestadores de servicios en un mismo puerto.

Finalmente, como es conocido, se ha aprobado la Ley de Puertos 33/2010, de 5 de agosto que efectúa modificaciones significativas sobre la Ley 48/2003. En la Ley publicada más recientemente se flexibiliza el modelo tarifario para que cada Autoridad Portuaria pueda adaptarse a las condiciones cambiantes de la coyuntura económica. También se refuerza

la liberalización de los servicios portuarios y comerciales. Los principios y objetivos del régimen económico de la nueva Ley 33/2010 son la autofinanciación del sistema portuario, con una rentabilidad y eficiencia para el sistema del 2,5% anual y especifica su autosuficiencia y la no dependencia de los presupuestos Generales del Estado. La rentabilidad del 2,5% se fija sobre el activo no corriente neto medio del ejercicio, excluyendo el inmovilizado en curso, los impuestos diferidos y los deudores comerciales no corrientes, que permita hacer frente a las necesidades de las nuevas inversiones. Este objetivo de rentabilidad conlleva un mayor control de costes y de los niveles de endeudamiento. Finalmente, puede decirse que esta Ley 33/2010 refuerza el objetivo de competitividad y liberaliza nuevas funciones portuarias de los servicios e infraestructuras.

La aprobación de las diferentes regulaciones del sector portuario de los años: 1992, 1997, 2003 y 2010 en España han supuesto, en todos los casos, un mayor grado de liberalización del sector portuario. Tales regulaciones responden al impulso de la normativa comunitaria que ha impulsado también la liberalización y la introducción de la competencia en el sector portuario europeo.

1.2. Relación entre competencia y eficiencia en los servicios portuarios

El análisis del grado de competencia en un sistema portuario se suele hacer teniendo en cuenta dos aspectos: la estructura del sistema portuario y la conducta de los agentes económicos que operan en él. En el análisis de la estructura del sector portuario desde el punto de vista de la competencia destaca el grado de concentración de las empresas oferentes en cada uno de los subsectores portuarios. En un planteamiento inicial, es de esperar que, a menor grado de concentración en cada subsector portuario, menores serán los riesgos de que las empresas hagan valer su poder de mercado en detrimento de la competencia y de los consumidores. De hecho, una parte de la política de la competencia, el control previo de concentraciones económicas o fusiones de empresas, está asentado sobre este supuesto. Sin embargo, una mayor concentración, aunque entrañe mayores riesgos, no significa necesariamente menor competencia. En multitud de casos la competencia en mercados oligopolísticos es muy intensa, puesto que hay muchos factores adicionales que la salvaguardan, entre ellos la competencia exterior y la aplicación de la política de defensa de la competencia.

Por otra parte, en algunos subsectores portuarios resulta más eficiente que se den determinados grados de concentración por ser técnica y/o financieramente adecuada la existencia de empresas de gran dimensión. Esto es especialmente cierto cuando existen economías positivas de escala y cuando la competencia desde el extranjero se hace por grandes empresas. Finalmente, al analizar la estructura del mercado también hay que tener en cuenta la demanda. Ante escasa demanda puede en algunos casos estar justificada la existencia de monopolio natural y su adecuada regulación acorde con el bienestar (o excedente) de la sociedad en dicho mercado.

En los puertos comerciales españoles las empresas privadas prestaban sus servicios en los diferentes subsectores portuarios en régimen de gestión indirecta a partir de sistemas de concesión o autorización administrativa restringida a una o muy pocas empresas. Esta situación ha conducido a situaciones de monopolio y oligopolio con escasa competencia y bajos niveles de eficiencia productiva. Esto ha cambiado significativamente con la entrada en vigor de la Ley 48/2003, de tal forma que a partir del año 2004 los subsectores pueden explotarse libremente y deja de funcionar el régimen de concesión pública o administrativa. El Sistema Portuario Español se basa en la autosuficiencia económica y en una autonomía de gestión para garantizar eficiencia y posibilitar la competencia interportuaria, por lo que Puertos del Estado acuerda con cada Autoridad Portuaria unos objetivos de rentabilidad anual y de gestión (Ministerio de Fomento, 2015).

Este ensayo abarca el periodo 1993-2013, y su objetivo fundamental estriba en analizar los efectos de las tres leyes descritas anteriormente (aprobadas en los años 1997, 2003 y 2010) sobre la eficiencia técnica de los diez subsectores portuarios que se engloban dentro del sistema portuario español.

El presente capítulo pretende ser, en cierta medida, una actualización del trabajo de Coto-Millán et al. (2015), en el cual se analiza la eficiencia técnica del sistema portuario español. No obstante, en este capítulo existen algunas diferencias sustanciales con respecto a la investigación de Coto-Millán et al. (2015); la primera de ellas reside en el lapso temporal considerado: en el caso del presente capítulo, se incorporan al análisis empírico los datos de las empresas portuarias desde 1993 hasta 2013 (mientras que el lapso temporal considerado por Coto-Millán et al. (2015) fue el período 2002-2011); ello da pie a estudiar empíricamente los efectos de las leyes promulgadas en los años 1993 y

2010, considerando que el trabajo de Coto-Millán et al. (2015) se centró en analizar el impacto de la Ley 48/2003 sobre la eficiencia técnica de los subsectores portuarios. Por último, se observa una tercera diferencia con respecto a dicho trabajo, ya que, en el presente capítulo de esta tesis, se van a considerar 10 sub-sectores portuarios (en lugar de los siete subsectores incluidos en el análisis empírico de Coto-Millán et al. (2015)).

Se considera adecuado un análisis empírico de la eficiencia técnica del sector portuario, ya que proporciona un indicador de la asignación de los inputs –dentro de cada subsector portuario- para obtener una unidad de output, de modo que si no asigna ningún input de forma redundante los niveles de eficiencia técnica serán máximos.

Aunque no son objeto de análisis en el presente capítulo, es interesante describir los conceptos que están estrechamente relacionados con la eficiencia técnica como son la eficiencia asignativa y económica. Por un lado, la eficiencia asignativa es una medida de cómo los puertos contratan y retribuyen a sus inputs. Si los pagos de inputs se realizan a los precios de mercado existirá eficiencia asignativa óptima y, en la medida en que se desvíen tales pagos del precio de mercado (por exceso o defecto), existirá ineficiencia asignativa. Por otro lado, la eficiencia económica -o eficiencia en costes- se produce cuando se minimizan los costes, lo cual sucede cuando existe eficiencia técnica y eficiencia asignativa, por lo que se suele definir la eficiencia económica como el producto vectorial de las eficiencias técnica y asignativa.

2. Revisión de literatura

Durante las últimas décadas, el análisis económico de la eficiencia de los sectores económicos ha adquirido gran relevancia e interés, y tales estudios han utilizado metodologías de análisis empírico cada vez más complejas y que han adquirido mayor precisión. Tal es la fiabilidad de dichos estudios que, a día de hoy, las contribuciones científicas relacionadas con la eficiencia determinan en muchos casos las políticas públicas a aplicar en la mayor parte de las industrias de un país occidental, así como muchas decisiones en materia de inversiones del capital privado. No obstante, es necesario definir previamente el concepto de productividad, pues se encuentra estrechamente ligado con la eficiencia. En el contexto de una industria y en particular en el caso del sistema portuario, podemos definir la productividad como la relación entre el

nivel de producción obtenida y el volumen de factores productivos utilizados para obtener dicho nivel de producción.

El análisis de la relación *input-output* y las diferencias que, en este cociente, se dan de una empresa a otra resulta claramente una buena manera de cuantificar las ventajas competitivas de aquella con la industria a la que pertenece. Para abordar esta cuestión, se puede tomar una medición parcial de la productividad, que consiste en identificar las variaciones que sufre la producción cuando variamos uno de los factores productivos, manteniendo el resto con valores constantes. Sin embargo, la teoría económica ha constatado que la productividad de un factor depende también del resto de factores de producción utilizados en dicho proceso productivo. Para suplir esta carencia, se ha universalizado el concepto de productividad total de factores. Más concretamente, este concepto refleja el cambio en el volumen de *output* asociado con los cambios en cada *input*. Por otro lado, existen, dos enfoques empíricos para la medición de la productividad total de los factores (paramétrica y no paramétrica), que también pueden conducir a diferentes interpretaciones y resultados econométricos.

Podemos considerar el trabajo de Talley (1994) como el primer intento de evaluar la eficiencia y productividad portuaria en relación a las reformas y los cambios tecnológicos. Este trabajo se basa en indicadores parciales de productividad. Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, la principal limitación de los indicadores parciales de la productividad es que no analizan la contribución conjunta de todos los factores productivos a la producción, y es por ello que no efectúan un tratamiento aceptable para procesos de producción multi-output. Esta limitación es especialmente relevante en el sector de servicios portuarios, cuyas empresas pueden ser consideradas productoras multi-output (al existir algunas empresas que prestan más de un servicio, y que por lo tanto pertenecen a varios subsectores portuarios, generando outputs heterogéneos entre sí). En Martínez-Budría (1996) se encuentra uno de los primeros trabajos que estima una función de costes para el sistema portuario español, mientras que Kim et al. (1986) fueron autores pioneros en estimar una función de producción para los puertos con la finalidad de cuantificar el cambio técnico portuario.

Para intentar superar las restricciones metodológicas del enfoque de la productividad parcial, se ha desarrollado una nueva corriente de estudios basados en medidas de eficiencia. La forma funcional generalmente seleccionada en los análisis de eficiencia es la forma trascendental logarítmica (translog, en adelante). A partir de los estimadores de

esta función, se extraen las elasticidades output respecto a cada factor productivo, lo que permite el cálculo de las economías de escala de la función de producción.

Desde la perspectiva de la eficiencia, se podría definir la función de producción a partir de la máxima cantidad de producto que se puede obtener para cada vector de cantidades aplicadas de factores productivos. La característica básica de esta función de producción de cada subsector portuario es su optimización, es decir, que especifica el valor máximo de la función que se puede alcanzar bajo ciertas condiciones impuestas por la tecnología (la combinación de inputs, básicamente). Por lo tanto, describe un límite o frontera, lo que se puede denominar como la frontera de producción.

La literatura económica de la competencia dentro de los subsectores portuarios utiliza el enfoque de eficiencia, y hace uso del análisis de frontera tanto sea en el caso de funciones de producción como de funciones de costes. La presente investigación sobre eficiencia portuaria siguiendo a Woo et al. (2011) y Woo et al. (2012) se enmarca dentro de los tópicos en investigación portuaria “Port policy” y “Port governance and reform”. En particular en los estudios de Woo et al. (2011) y Woo et al. (2012) se describieron como ejemplos de estudios empíricos para evaluar las consecuencias de la reforma portuaria los trabajos de Castillo-Manzano et al. (2009) y Serebrisky et al. (2005). En la misma línea de los trabajos anteriores está el trabajo de Trujillo et al. (2013). El primer trabajo de Castillo-Manzano et al. (2009) se refiere a las reformas portuarias en los años noventa en España, el segundo trabajo de Serebrisky et al. (2005) a las reformas en Argentina y el tercer trabajo de Trujillo et al. (2013) a las reformas en África.

Con anterioridad los trabajos de Martínez-Budría (1996), de Jara-Díaz et al. (1997) y de Martínez-Budría et al. (1998) introdujeron la función de producción y la función de coste y los trabajos de Baños-Pino y Coto-Millán (1999) y Coto-Millán et al. (2000) utilizaron tales funciones de producción y costes con el fin de evaluar la magnitud de la eficiencia técnica, la eficiencia asignativa y la eficiencia económica en el sector portuario. Este tipo de análisis ha sido desarrollado posteriormente para los puertos de España en varios estudios como en la revisión de González et al. (2008), Núñez-Sánchez et al. (2011a), Núñez-Sánchez et al. (2011b), Núñez-Sánchez et al. (2012), en puertos iberoamericanos por Wilmsmeier et al. (2013) y en puertos de Chile y Perú por Chang et al. (2014a) y Chang et al. (2014b).

Castillo et al. (2003, 2004 y 2005) analizaron la intervención gubernamental y el efecto de la legislación sobre el sistema portuario español. González Laxe (2012) concluye sobre

la intervención gubernamental y el efecto de las reformas que se ha dotado de una nueva cultura empresarial a la gestión portuaria que aumenta la autonomía en la gestión y la autosuficiencia económico-financiera, aumentando la competitividad portuaria y ofreciendo menores tasas portuarias.

Los estudios de Rodríguez-Álvarez et al. (2007); Núñez-Sánchez et al. (2010); Hidalgo (2011); Núñez-Sánchez et al. (2012) y Rodríguez-Álvarez et al. (2012) utilizan un enfoque de función distancia para estudiar la eficiencia. Este enfoque es válido cuando nos encontramos con dudas razonables sobre la minimización de costes de los agentes representativos en estudio como es el caso de las Autoridades Portuarias españolas y también cuando nos encontramos con funciones de producción multiproductivas.

Un análisis de eficiencia técnica de los subsectores portuarios proporciona una medición del grado de asignación de los factores para obtener una unidad de producción, por lo que, si no existe una asignación redundante de insumos, llegaremos a una medida óptima de la eficiencia técnica.

A continuación se presenta la Tabla 5.1, donde se sintetizan los principales trabajos sobre funciones de producción y costes que tratan de estudiar la productividad portuaria, estructura de costes, eficiencia técnica, económica y asignativa, con especial atención a los puertos españoles.

Tabla 5.1. Estudios sobre funciones de producción y costes portuarios.

Autor/es (año)	Especificación Funcional	Datos	Resultados
Chang (1978)	Función de producción Cobb-Douglas	Serie temporal (1953-1973)	Productividades Medias y Marginales
Kim et al. (1986)	Función de costes translog	Serie temporal (1966-1983)	Elasticidades de las demandas de inputs
Rekres et al. (1990)	Función de producción de Cobb-Douglas	Datos panel (1984.1-1990.2)	Eficiencia por Terminal-muelle de contenedores
Tongzon (1993)	Función de producción Cobb-Douglas	Datos panel (1984.1-1990.2)	Eficiencia por Terminal-muelle de contenedores
Martínez-Budría (1996)	Función de costes Cobb-Douglas	Datos panel (1985-1989)	Elasticidades coste de los inputs

Jara-Díaz et al. (1997)	Función de costes cuadrática	Datos panel (1985-1989)	Costes marginales y economías de diversidad
Martínez-Budría et al. (1998)	Función de costes cuadrática	Datos panel (1990-1996)	Costes Marginales, elasticidades costes y PTF
Baños-Pino et al. (1999)	Función de producción distancia	Datos panel (1986-1995)	Eficiencia asignativa y económica
Coto-Millán et al. (2000)	Función de producción translog	Datos panel (1986-1989)	Productividad y Eficiencia técnica
Jara-Díaz et al. (2002)	Función de costes cuadrática	Datos panel (1986-1995)	Costes Marginales y economías de diversidad
Tovar (2002)	Función de costes cuadrática	Pool de datos (1990-1999)	Costes Marginales por Terminal y Economías de diversidad
Cullinane et al. (2002)	Función de producción	Datos panel (1993-1998)	Eficiencia de terminales de contenedores
Cullinane et al. (2006)	Función de producción	Cross-Section (2002)	Eficiencia técnica de puertos de contenedores
Díaz-Hernández et al. (2008)	Función de producción	Datos panel (1990-1998)	Eficiencia en las empresas estibadoras
Coto-Millán (2010)	Función de producción translog	Datos panel (1986-2005)	Costes Marginales, Elasticidades y Efecto Averch-Jonshon (1962)
Nuñez-Sánchez y Coto-Millán (2010)	Función distancia	Datos panel (1986-2005)	Productividades de los puertos
Nuñez-Sánchez et al. (2011a)	Función de costes translog	Datos panel (1986-2005)	Costes Marginales, Economías de diversidad y Precios Ramsey
Nuñez-Sánchez et al. (2011b)	Función de costes translog	Datos panel (1986-2005)	Cambio tecnológico y efecto de regulación pública
Hidalgo (2011)	Función distancia	Datos panel (1986-2007)	Eficiencia asignativa y elasticidades de sustitución de Morishima
Rodríguez-Álvarez et al. (2012)	Función de Costes (translog)	Datos panel (1993-2007)	Eficiencia económica y efectos de Regulación Pública
Tovar et al. (2015)	Función distancia	Datos panel (1993-2012)	Especialización e inversiones

Chioma-Akinyemi (2015)	Funciones de producción Cobb-Douglas y Translog	Datos de panel (2000-2011)	Efectos de la regulación pública
Coto-Millán et al. (2015)	Función Cobb-Douglas	Datos de panel (2002-2011)	Efectos de la regulación pública

Fuente: Elaboración Propia.

Recientemente, Tovar et al. (2015) analizaron la eficiencia técnica de las autoridades portuarias españolas entre 1993 y 2012 mediante funciones distancia, obteniendo que las Autoridades Portuarias más eficientes son aquellas con más especialización y menos nuevas inversiones en infraestructura. De hecho, según este estudio, la inversión en infraestructura ha ido disminuyendo desde 2009 y las Autoridades Portuarias han aumentado su eficiencia, aprovechando su capacidad existente. Chioma-Akinyemi (2015) estudió el efecto de la reestructuración y privatización sobre la eficiencia de los puertos nigerianos mediante fronteras estocásticas y funciones de producción Cobb-Douglas y Translog. Esta investigación obtiene que la participación privada en la industria portuaria y las inversiones en carga y descarga han mejorado la eficiencia portuaria, con un incremento del índice de eficiencia del 0,59 en 2000 al 0,75 en 2011.

Finalmente, Coto-Millán et al. (2015) analizaron la eficiencia técnica de los subsectores portuarios privados en España durante el período 2002 a 2011 mediante fronteras estocásticas, obteniendo que las empresas consignatarias y estibadoras presentan los índices más bajos de eficiencia técnica y las empresas de suministros, terminales portuarias, remolcadores y operadoras logísticas y de almacenaje, presentan los mayores niveles de eficiencia técnica.

3. Modelo

Para la contrastación de las hipótesis planteadas en la introducción del capítulo, partimos de un modelo teórico basado una función de producción Cobb-Douglas que se presenta en forma funcional multiplicativa que –suponemos- será homogénea de grado uno. En dicha función se explica la producción de las empresas de los subsectores portuarios españoles mediante los inputs capital, trabajo y consumos intermedios:

$$Y_{it} = e^{\beta_0} K_{it}^{\beta_1} L_{it}^{\beta_2} CI_{it}^{\beta_3} e^{\varepsilon_{it}} \quad (1)$$

Por simplicidad, se denota como Y_{it} a la producción medida por el valor añadido bruto generado por cada empresa en cada año; a su vez, K_{it} representa el capital físico medido por el activo fijo neto; la variable L_{it} simboliza los gastos de personal de las empresas portuarias, y CI_{it} , los consumos intermedios medidos por el gasto en materiales de dichas empresas. Por su parte, ε_{it} es el término de error. Además de las variables explicativas anteriores, dentro de los factores determinantes de la eficiencia técnica de las empresas consideradas se incorporan tres variables ficticias, con el objetivo de evaluar el impacto de la legislación portuaria descrita anteriormente (en concreto, las leyes entraron en vigor en los años 1997, 2003 y 2010); cada una de estas variables ficticias toma el valor 1 durante los años de vigencia de cada ley, y cero en el resto de años. Así, el parámetro asociado a cada una de las tres dummies nos dará información referida al efecto (positivo o negativo) de la legislación portuaria sobre la ineficiencia de cada subsector portuario español.

A continuación procedemos a linealizar la ecuación (1) tomando logaritmos y es estimada más adelante haciendo uso del análisis econométrico clásico de datos de panel. Tras realizar esta transformación matemática, se llega a la expresión (2):

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln CI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

La eficiencia técnica es una medida de la obtención del máximo output posible dadas unas cantidades de inputs y una combinación determinada de dichos factores de producción (Álvarez et al 2003). El estudio de la eficiencia técnica se puede abordar planteando una función de producción frontera (Farrell, 1957), existiendo unidades técnicamente eficientes situándose por encima de dicha frontera frente a unidades técnicamente ineficientes situadas por debajo de la misma, obteniendo menor cantidad de output que el posible. Ahora bien, el principal problema que surge es la elección de la función frontera, pudiendo diferenciar entre fronteras paramétricas (determinísticas y estocásticas) y no paramétricas. Tanto Batesse et al, (1992) como Kumbhakar (1990) emplean el método de máxima verosimilitud en la estimación, asumiendo independencia entre la eficiencia técnica y los regresores, y considerando que el componente del error v_{it} representa la perturbación simétrica, y se supone que se distribuye idéntica e

independientemente como una $N(0, \sigma_v^2)$ y que el término de ineficiencia se distribuye según una normal truncada $N^+(\mu, \sigma_u^2)$ en el caso de los primeros y una seminormal $N^+(0, \sigma_u^2)$ para el último. Debido a que este término del error recoge los efectos individuales específicos de cada unidad productiva que capturan los efectos latentes no observables de cada unidad productiva, para recoger los efectos individuales (η_{it}) se puede introducir una variable ficticia para cada unidad productiva. Estos efectos individuales son interpretados en la literatura científica como índices de eficiencia: técnica en la función de producción y económica en la función de costes. Pueden calcularse como $\exp(\alpha_i - \max(\alpha_i))$, para una función de producción; en donde α_i es el coeficiente estimado para la dummy (i) del que se sustrae el valor máximo del coeficiente estimado para esta variable ficticia. Según este método, la unidad productiva más eficiente tomará el valor unidad. Las diferencias entre los distintos índices tratan de explicar las diferencias de eficiencia entre las distintas unidades productivas.

Podemos añadir que la metodología econométrica que se desarrolla a continuación procede de (o está inspirada en) Battese et al, (1995), quienes presentaron un marco teórico para estimar la eficiencia técnica con fronteras de producción estocástica para datos de panel, Parten de una frontera estocástica de producción como la siguiente (3):

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (3)$$

Donde y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs; β es el conjunto desconocido de parámetros; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos (i.i.d.) como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción. La ineficiencia técnica, u_{it} , puede especificarse de la siguiente forma (4):

$$u_{it} = z_{it}\delta + W_{it} \quad (4)$$

En donde se define W_{it} como el truncamiento de la distribución normal con media cero y varianza constante tal que el punto de truncamiento es $-z_{it}\delta$ tal que $W_{it} \geq -z_{it}\delta$, Utilizando un método de máxima verosimilitud, estos autores estiman la eficiencia técnica a partir de la ecuación (5):

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (5)$$

En el presente capítulo, se utilizará esta última metodología de cálculo de eficiencia técnica estocástica dinámica desarrollada por Battese et al, (1995), por lo que se partirá de la siguiente frontera estocástica de producción (6):

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_i - u_{it}) \quad (6)$$

Donde y_{it} es la función de producción; x_{it} es el vector conocido de inputs que incluye los factores productivos capital, trabajo y consumos intermedios; β es el conjunto desconocido de parámetros asociados a cada variable explicativa; v_i son los errores aleatorios independientes e igualmente distribuidos como una normal con media cero y varianza constante; y u_{it} son un conjunto de variables no negativas asociadas con la ineficiencia técnica en la producción de los subsectores portuarios. Así, se estimará por máxima verosimilitud la ecuación de regresión (7):

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln CI_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (7)$$

Donde v_i y u_{it} son los términos descritos anteriormente, considerando como determinantes de la ineficiencia las diferentes regulaciones establecidas en 1997, 2003 y 2010. Además, se obtendrán γ , σ^2 y τ , la media, la varianza y una tendencia temporal. Finalmente, especificando la ineficiencia técnica como $u_{it} = z_{it}\delta + W_{it}$, se calculará la eficiencia técnica estocástica tal y como se especifica en la expresión (8):

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (8)$$

En donde W_{it} es el punto de truncamiento de la distribución normal tal que $W_{it} \geq -z_{it}\delta$.

4. Datos

En este apartado se presentarán una serie de diez tablas con los estadísticos descriptivos de cada subsector portuario. Los datos se han obtenido de la base de datos Sistema de Análisis de Balances Ibéricos (SABI) del Registro Mercantil de Sociedades para un conjunto de empresas de cada subsector que aparece en el Registro General de Empresas Prestadoras de Servicios Portuarios de la página web de Puertos del Estado. Hay que decir

que los subsectores que aparecen en el Registro General de Empresas Prestadoras de Servicios Portuarios son Prácticos, Remolque, Amarradores, Pasaje, Recepción de Desechos y Manipulación de Mercancías (Estibadores). No se registran los cuatro subsectores restantes (Suministros, Transitarios, Consignatarios y Operadores Logísticos) aquí considerados.

Se presenta un análisis descriptivo con las variables que las utilizadas en la presente investigación. El valor añadido bruto, el activo fijo y los materiales están medidos en euros y los empleados en número de personas. En primer lugar se presenta la Tabla 5.2 con los datos relativos a los prácticos.

Tabla 5.2: Prácticos

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	1795000	279586	15	28055,2
Mínimo	233491	1,9	1	0,0
Máximo	7707350	1997260	110	167382
Desv. Típica	1655030	445378	14,13	28248,9

FUENTE: Elaboración propia

Los prácticos se agrupaban en Corporaciones de Prácticos en cada puerto y desde la Ley de 1992 hasta la Ley 30/2003 adoptaron diversas figuras jurídicas como comunidades de propietarios y como sociedades, después con la Ley 30/2003 pasaron a constituirse como Sociedades Limitadas, por lo que existen pocos datos para los años noventa y ausencia de estimación de los valores medios de eficiencia para estos años ya que las comunidades de propietarios no tienen la obligación de entregar cuentas en el Registro Mercantil. En esta muestra se han considerado veintiséis empresas de prácticos sobre un total de treinta y ocho en el Registro de Empresas Portuarias. Al observar los datos para el servicio de prácticos expuestos en el cuadro 2, podemos interpretar que existe una cierta diferencia entre las empresas del sector pero no tan grande como en los siguientes. Aunque esa diferencia que existente entre las empresas de prácticos se debe a la diferencia de tamaño

de los puertos españoles, no necesitando el mismo número de prácticos un puerto pequeño como el de Santander que un puerto como el de Algeciras.

Tabla 5.3: Remolcadores

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	8385100	4493500	39,4	901370
Mínimo	107150	0,5	1	426,08
Máximo	29005000	45559000	242	6009000
Desv. Típica	7549200	7835000	45,7	982980

FUENTE: Elaboración propia

En el subsector de remolcadores de la tabla 5.3 no existe competencia ya que cada puerto tiene su empresa de remolcadores, se consideran únicamente veintisiete empresas de un total de treinta y nueve según el Registro de Empresas Portuarias. Al igual que en el servicio de prácticos, la diferencia entre las empresas viene dada por el tamaño y la necesidad de cada puerto. En la Tabla 5.4 se muestran los datos de las cuarenta y una empresas amarradoras utilizadas (de un total de cuarenta y siete en el Registro de Empresas Portuarias), subsector que como los prácticos emplea un máximo cercano a cien personas.

Tabla 5.4: Amarradores

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	2025150,8	481960,6	24,21	465920,2
Mínimo	0,00	0,00	1	7,2
Máximo	17100784,4	4161383,0	115	8467503,3
Desv. Típica	2309917,6	752142,1	22,2	1338451,3

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 5.5 se muestra la información estadística del subsector del pasaje. Puede observarse un alto número de empleados y gran dispersión entre las diez empresas consideradas.

Tabla 5.5: Pasaje

	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	814093,63	159932,12	3168,50	382176,00
Mínimo	135240,25	15125,23	0	0,00
Máximo	1492947,00	304739,00	6337	764352,00
Desv. Típica	960043,65	204787,86	4480,94	540478,48

FUENTE: Elaboración propia

En cuanto a las sesenta y dos empresas estibadoras – cuyos estadísticos descriptivos son mostrados en la Tabla 5.6 – puede observarse una diferencia bastante pronunciada entre las mismas, de ahí que los valores de desviación típica sean tan elevados. Observamos diferencias tan significativas como, por ejemplo el gasto en activo fijo, mientras que en una empresa tiene un gasto en activo fijo de 75,05 euros; otra de ellas invierte en esto mismo 228.660.000 euros.

Tabla 5.6: Estibadoras

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	17256000	6152400	122,8	14777000
Mínimo	0	75,058	1	0
Máximo	117790000	228660000	1587	204980000
Desv. Típica	24691000	19747000	227,5	31348000

FUENTE: Elaboración propia

Del servicio de suministros, cuya estadística descriptiva de las veintiocho empresas analizadas puede verse en la Tabla 5.7, también podemos observar una diferencia importante en lo que respecta a los gastos en material, activo fijo y empleados, dando lugar a altas desviaciones típicas, reflejo estadístico de la desigualdad del sector.

Tabla 5.7: Suministros

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	228510	3191800	58,55	37969000
Mínimo	0,00	0,00	1	0,00
Máximo	54887000	58769000	587	3074700000
Desv. Típica	22039000	8018600	103,52	264530000

FUENTE: Elaboración propia

El subsector de recogida de desechos de la Tabla 5.8 es el que más empleo ocupa, con una media de 1812 empleados y un máximo de 31244 en el caso de las treinta y dos empresas consideradas de este subsector.

Tabla 5.8: Recogida de desechos

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	25608000	11027000	1812,1	6216000
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	666590000	493230000	31244	242980000
Desv. Típica	105410000	49495000	6046,9	25292000

FUENTE: Elaboración propia

En el caso de las cincuenta y dos empresas de servicios transitarios mostrado en la Tabla 5.9, presenta unas desviaciones típicas tan altas, derivadas de la diferencia entre los mínimos y máximos, de los gastos tanto en materiales como en activo fijo pueden deberse a la heterogeneidad entre los productos que se transportan en el puerto. Algunos productos pueden necesitar unas técnicas de transporte más especializadas y esto puede derivar en una inversión, por parte de las empresas transitarias, más elevada en activos y materiales.

Tabla 5.9: Transitorios

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	2947600	802130	31,7	19490000
Mínimo	1508700	49,1	1	0
Máximo	20550000	17153000	414	267750000
Desv. Típica	5057900	2487300	63,7	37243000

FUENTE: Elaboración propia

Por su parte, las estadísticas referidas al subsector de los consignatarios, Tabla 5.10, reflejan que este servicio genera bajos niveles de empleo por cada una de las sesenta y dos empresas del subsector utilizadas en este capítulo.

Tabla 5.10: Consignatarios

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	3750019,9	1330521,4	21,1	14691577,6
Mínimo	167157,9	100,4	1	91220,9
Máximo	9776653,5	30174279,9	104	38244759,1
Desv. Típica	2611391,5	3179644,7	21,3	11276893,3

FUENTE: Elaboración propia

La cantidad de empresas logísticas situadas en los puertos españoles (43 en la presente investigación) y la diferencia en los posibles materiales que pueden almacenar, existe mucha variedad dentro de este subsector portuario cuyos estadísticos principales se reflejan en la Tabla 5.11. Tenemos empresas con un solo empleado, mientras el máximo de empleados se encuentra en 3454. La diferencia, comentada anteriormente, de los posibles productos a almacenar hace que la logística de algunos productos pueda necesitar una alta inversión en materiales por parte de la empresa operadora de este servicio,

mientras que almacenar otros productos pueda llevar una inversión menos, de lo que acontece una desviación típica importante en la variable Materiales.

Tabla 5.11: Operadores logísticos

Variable	VAB	Activo fijo	Empleados	Materiales
Media	27107000	45688000	137,6	69423000
Mínimo	0	0	1	0
Máximo	539730000	1037000000	3454	2129800000
Desv. Típica	97046000	163650000	391,9	276140000

FUENTE: Elaboración propia

Finalmente, para evaluar el efecto de las regulaciones efectuadas por las leyes anteriores, se ha creado una variable dummy que toma el valor 1 en los años que está vigente cada normativa y 0 en los años en los que no. Así, el parámetro asociado a cada una de las tres dummies nos dará información referida al efecto de la regulación sobre la ineficiencia de cada subsector portuario español. Las regulaciones que se han tenido en cuenta en esta investigación son las leyes siguientes: Ley 62/1997, de 26 de Diciembre; Ley 48/2003, de 26 de Noviembre y la Ley 33/2010, de 5 de agosto.

5. Resultados

En la Tabla 5.12 se muestran los resultados de las estimaciones obtenidas mediante el método de la máxima verosimilitud aplicado a las técnicas de regresión para datos de panel, siguiendo el modelo descrito anteriormente, y habiendo sido testado dicho modelo para los diez subsectores. Dicha tabla contiene los inputs productivos considerados en las diferentes regresiones junto con sus correspondientes z-valores y niveles de significación. Además se muestra la estimación de los parámetros explicativos de la ineficiencia – cada una de las regulaciones – junto con sus z-valores y niveles de significación. Por último,

la última columna recoge el valor estimado de la función de máxima verosimilitud de cada una de las regresiones.

Puede verse que todas las funciones de producción para las ciento noventa y una empresas consideradas de los subsectores a los largo del período temporal 1993-2013 estimadas contienen inputs productivos significativos y positivos y que en la mayoría de los casos la regulación explica la ineficiencia del modelo.

En el caso de las empresas consignatarias, la suma de los parámetros estimados indica que existirían rendimientos crecientes de escala en la prestación de los servicios portuarios de consigna. Son los consumos intermedios y el factor trabajo los inputs que, por este orden, más contribuyen individualmente a la prestación de servicios consignatarios, mientras que el factor capital contribuye en menor medida (aunque también de forma significativa).

Por su parte, las sociedades de estiba y desestiba presentan rendimientos decrecientes de escala en la función de producción estimada. El factor capital y el factor trabajo son, por este orden, los que generan incrementos en la función de producción de estas empresas, aunque las elasticidades asociadas a cada input son reducidas.

Tabla 5.12: Resultados de las estimaciones de los diez subsectores y efecto de las diferentes legislaciones

SUBSECTOR	Nº Emp r.	Intercept o Pr(> z)	K Pr(> z)	L Pr(> z)	CI Pr(> z)	R1997 Pr(> z)	R2003 Pr(> z)	R2010 Pr(> z)	Máxima verosimili tud
Prácticos	26	3,424 0,000 ****	0,145 0,000 ****	0,203 0,029 **		1,899 0,011 **	-0,516 0,4676	-0,843 0,005 ***	-34,747
Remolcadoras	27	3,432 0,000 ****	0,131 0,000 ****	0,245 0,000 ****		-1,825 0,000 ****	-2,192 0,000 ****	-1,928 0,000 ****	-42,003
Amarradoras	41	2,617 0,000 ****	0,092 0,000 ****	0,190 0,000 ****		0,554 0,003 ***	-0,354 0,000 ****	-0,852 0,006 ***	-85,696
Pasaje	10	2,966 0,000 ****	0,108 0,000 ****	0,170 0,000 ****		-0,244 0,000 ****	-0,547 0,056 *	-0,429 0,000 ****	16,552
Estibadoras	62	2,931 0,000 ****	0,251 0,000 ****	0,154 0,000 ****		-1294,000 0,000 ****	-1316,000 0,000 ****	-1139,000 0,000 ****	-27,747
Suministros	28	0,335 0,014 **	0,307 0,001 ***	0,592 0,000 ****		-0,419 0,599	-0,288 0,066 *	-0,075 0,654	-200,625
Recogida de Basuras	32	3,289 0,000 ****	0,037 0,000 ****	0,026 0,000 ****		-1,631 0,011 **	-3,893 0,000 ****	-3,095 0,000 ****	18,430
Transitarios	52	2,668 0,000 ****	0,168 0,000 ****	0,319 0,000 ****		-0,565 0,502	-0,322 0,016 **	-0,269 0,057 *	-51,168
Consignatarias	62	-0,163 0,007 ***	0,115 0,000 ****	0,467 0,000 ****	0,530 0,000 ****	0,043 0,072 *	-0,212 0,072 *	-0,018 0,072 *	-132,021

Operadores logísticos	43	0,722	0,596	0,114		-1,950	-2,241	-3,843	238,856
		0,000	0,000	0,079		0,065	0,035	0,000	
		****	****	*		*	**	****	

FUENTE: Elaboración propia. (****: $\alpha < 0,001\%$; ***: $\alpha < 0,01\%$; **: $\alpha < 0,05\%$; *: $\alpha < 0,1$)

A la vista de los datos de la Tabla 5.12 anterior en lo que respecta a las elasticidades de los inputs de los operadores logísticos, cabe destacar la existencia de rendimientos decrecientes de escala en la prestación de este tipo de servicios portuarios; tal es así que los aumentos de un 1% en las dotaciones de factores, ese aumento se traduce en un incremento de la producción igual a un 0,7% aproximadamente.

Los tres servicios clásicos náuticos técnicos prácticos, remolcadores y amarradores presentan resultados similares, una función de producción estimada con rendimientos decrecientes de escala; siendo el factor productivo más importante el trabajo. Los transitarios y el pasaje presentan unos resultados similares. Sin embargo, las sociedades dedicadas al suministro de combustibles presentan unos resultados cercanos a los rendimientos constantes de escala, aunque la suma de parámetros asociados a los inputs es igual a 0,9. Por el contrario las consignatarias presentan rendimientos crecientes de escala.

Además, de acuerdo a los pesos de los dos factores productivos empleados resulta que las dotaciones y las inversiones en medios técnicos son la base de la eficiencia y no tanto el personal en los subsectores de las estibadoras, recogida de basuras y operadores logísticos. Por el contrario, el factor trabajo aporta más en los subsectores de los prácticos, remolcadores, amarradores, pasaje, suministros y transitarias. Por último, para las consignatarias el mayor peso recae en los consumos intermedios.

En relación con los efectos de los distintos regímenes jurídicos del sistema portuario español, observamos que dichas normativas generaron un efecto negativo sobre la ineficiencia técnica de los operadores logísticos, las empresas estibadoras, las empresas de recogida de desechos y las empresas remolcadoras. Por su parte, los prácticos portuarios vieron incrementada su ineficiencia tras la legislación portuaria de 2003, aunque la evolución de la ineficiencia técnica fue a la inversa a partir de la Ley de Puertos del año 2010. El subsector de empresas transitarias vio incrementada su eficiencia a raíz

de la ley de 2003, mientras que la legislación de 1997 y 2010 no afectó de forma significativa a la eficiencia de dicho sector. Las compañías amarradoras en su conjunto experimentaron un incremento de su ineficiencia técnica a partir de la ley de 1997, mientras que las dos regulaciones posteriores propiciaron sendas disminuciones de su ineficiencia técnica. Las empresas consignatarias y las sociedades de suministro de combustibles fueron ajenas a los tres cambios normativos mencionados, pues presentan resultados estadísticamente no significativos. Los resultados de eficiencia estocástica media se muestran en la Tabla 5.13.

Tabla 5.13: Resultados de eficiencia estocástica media anual por subsector portuario y media de cada subsector.

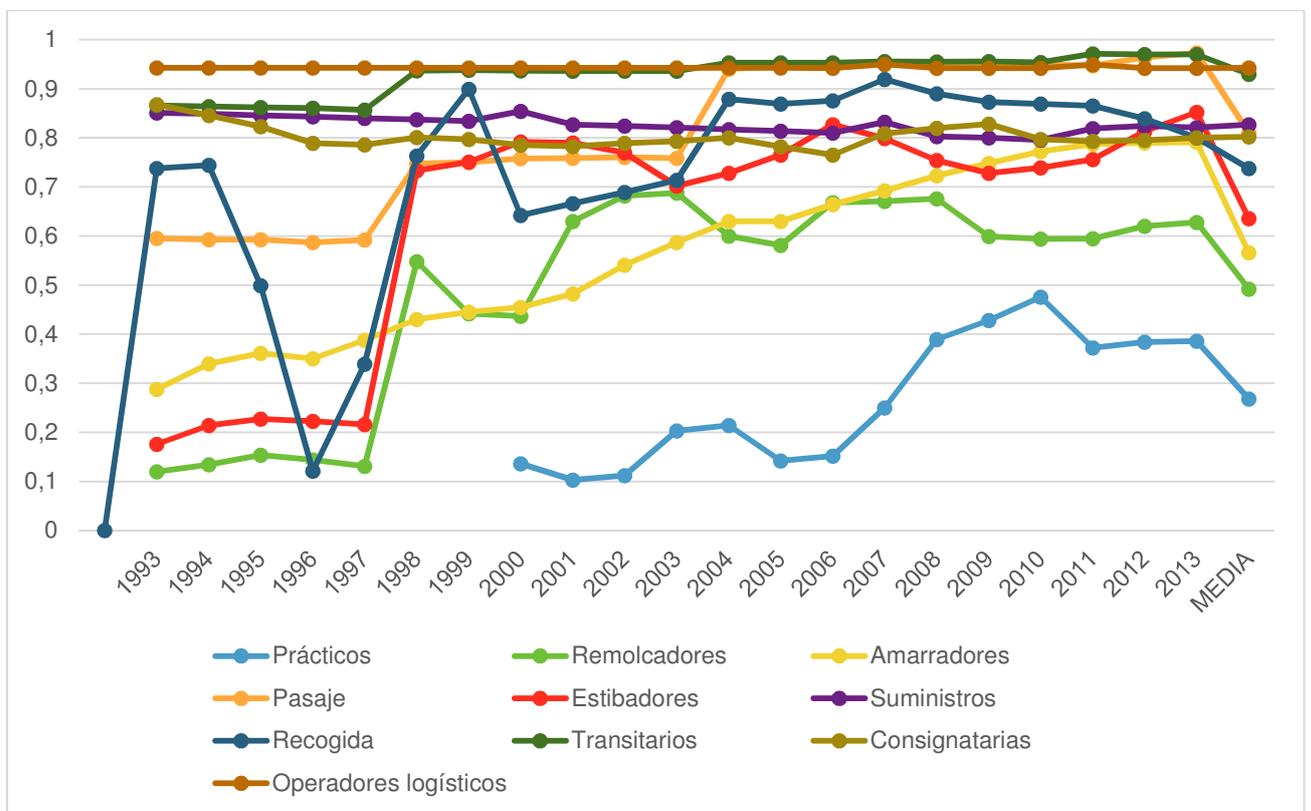
Año	Prácticos	Remolcadores	Amarradores	Pasaje	Estibadores	Suministros	Recogida desechos	Transitarios	Consignatarias	Operadores logísticos
1993		0,120	0,288	0,595	0,176	0,851	0,738	0,866	0,868	0,943
1994		0,134	0,34	0,593	0,214	0,849	0,744	0,864	0,846	0,943
1995		0,154	0,361	0,593	0,227	0,846	0,499	0,862	0,823	0,943
1996		0,144	0,350	0,587	0,223	0,843	0,121	0,861	0,789	0,943
1997		0,131	0,388	0,592	0,216	0,840	0,339	0,857	0,786	0,943
1998		0,548	0,430	0,747	0,733	0,837	0,763	0,937	0,801	0,943
1999		0,442	0,445	0,750	0,751	0,834	0,899	0,938	0,797	0,943
2000	0,136	0,437	0,455	0,758	0,792	0,854	0,642	0,937	0,785	0,943
2001	0,103	0,630	0,482	0,759	0,790	0,827	0,666	0,936	0,783	0,943
2002	0,112	0,682	0,541	0,761	0,77	0,824	0,689	0,936	0,789	0,943
2003	0,203	0,688	0,587	0,759	0,702	0,821	0,714	0,936	0,793	0,943
2004	0,214	0,600	0,63	0,940	0,728	0,817	0,879	0,953	0,800	0,943
2005	0,142	0,581	0,63	0,946	0,765	0,814	0,869	0,953	0,782	0,943
2006	0,152	0,668	0,664	0,951	0,827	0,81	0,876	0,953	0,765	0,942
2007	0,25	0,671	0,692	0,954	0,799	0,832	0,919	0,956	0,809	0,950
2008	0,389	0,676	0,723	0,953	0,754	0,803	0,89	0,955	0,82	0,942
2009	0,428	0,599	0,748	0,951	0,728	0,800	0,873	0,956	0,828	0,942
2010	0,476	0,594	0,772	0,950	0,739	0,796	0,869	0,954	0,797	0,942
2011	0,372	0,595	0,787	0,947	0,756	0,819	0,865	0,971	0,793	0,949
2012	0,384	0,620	0,79	0,964	0,813	0,824	0,839	0,970	0,795	0,942
2013	0,386	0,628	0,791	0,973	0,852	0,821	0,800	0,970	0,800	0,942
ME DIA	0,268	0,492	0,566	0,811	0,636	0,827	0,738	0,930	0,802	0,943

FUENTE: Elaboración propia

Los subsectores más eficientes en el período considerado fueron los operadores logísticos y los transitarios, ambos con los índices más altos de eficiencia técnica media, alcanzando valores por encima de 0,90; seguidos de suministro de combustible, pasaje y consignatarias, con índices algo superiores a 0,80. Por el contrario, los más ineficientes fueron los servicios clásicos de amarradores, remolcadores y los prácticos portuarios, con

valores promedios de 0,566, 0,492 y 0,268, respectivamente. Las empresas correspondientes al sector de los prácticos apenas presentan datos durante los años noventa – por la ya citada cuestión de que se agrupaban en Corporación de Prácticos en cada puerto durante esa época – por lo que no ha sido posible estimar su eficiencia técnica durante estos años, aunque sí ha sido posible analizar el efecto de la regulación. La discrepancia entre los valores obtenidos indica que debe potenciarse la competencia en los subsectores de bajos índices, como las empresas remolcadoras y los prácticos. A continuación se ilustra gráficamente los valores de la Tabla 5.13 en la Figura 5.1.

Figura 5.1: Eficiencia estocástica media anual de cada subsector (1993-2013).



FUENTE: Elaboración propia.

Puede observarse en general una tendencia generalmente creciente en la eficiencia técnica de las empresas de los subsectores portuarios hasta el año 2007 en el que se vieron afectados por el comienzo de la crisis económica, salvo en el caso de las consignatarias y los amarradores. Hasta 2012 se fueron reduciendo los índices de eficiencia técnica, apreciándose una recuperación posteriormente.

En la Tabla 5.14 se muestra el efecto de las tres regulaciones gubernamentales del período considerado sobre la eficiencia técnica estocástica calculada. Para que sea más ilustrativo, se ha utilizado el color rojo para reflejar los casos en los que la regulación afecta negativamente a las empresas del subsector, frente al color verde en los casos en los que el efecto es positivo. El color azul representa efecto neutro sobre la eficiencia técnica.

Tabla 5.14: Efecto de las regulaciones de 1997, 2003 y 2010.

SUBSECTOR	R1997	R2003	R2010
Consignatarias	-	+	+
Estibadores	+	+	+
Operadores logísticos	+	+	+
Pasaje	+	+	+
Prácticos	-	=	+
Recogida de deshechos	+	+	+
Remolcadores	+	+	+
Suministro de combustible	=	+	+
Transitarios	=	+	+
Amarradores	-	+	+

FUENTE: Elaboración propia

El efecto de la regulación de 1997 arroja luces y sombras sobre la eficiencia de las empresas del sector, ya que beneficia a estibadores, operadores logísticos, pasaje, recogida de deshechos y remolcadores, dejando neutral los subsectores de suministro de combustible y transitarios; pero afectando negativamente a los subsectores de consignatarias, prácticos y amarradores. En cambio, el marco regulatorio establecido en los años 2003 y 2010 afecta positivamente a todas las empresas de los subsectores, con la excepción de los prácticos en 2003, cuya eficiencia técnica queda neutral frente a la legislación de 2003. Por tanto, puede concluirse que – mediante la técnica de eficiencia estocástica dinámica empleada – no está claro el efecto de los cambios legislativos

establecidos en 1997 sobre la eficiencia técnica estocástica de los subsectores portuarios; pero – en cambio – puede afirmarse que la liberalización del año 2003 y la legislación aprobada en 2010 afectaron muy positivamente la eficiencia técnica de los subsectores portuarios.

6. Conclusiones

En el presente capítulo se ha realizado un análisis de los efectos de la regulación legislativa sobre las empresas de servicios portuarios en España durante las últimas décadas (1993-2013). De dicho estudio, se deduce la existencia de un proceso gradual de liberalización y privatización dentro de la gestión de los servicios portuarios, en línea con las políticas efectuadas por la Unión Europea en esta materia.

Se ha elaborado un modelo teórico que pretende estudiar, mediante fronteras de producción estocásticas, la eficiencia técnica de los subsectores portuarios y también se planteó el análisis del impacto de la legislación portuaria sobre los índices de eficiencia técnica dentro de los distintos subsectores. Para ello, se ha recogido información estadística relativa a empresas de servicios portuarios correspondientes a diez subsectores. Ampliando el trabajo de Coto-Millán et al. (2015) se ha aumentado el número de subsectores y el período temporal hasta abarcar de 1993 a 2013.

En particular, se ha utilizado la metodología de fronteras estocásticas establecida por Battese et al. (1995) que permite estimar una función de producción conjuntamente con los determinantes de la ineficiencia y variabilidad temporal. Utilizando como variable dependiente de la función de producción y como inputs de la misma datos de los balances de 383 empresas y tres variables ficticias para las regulaciones, se han estimado diez funciones de producción (la mayoría presentan rendimientos decrecientes de escala) y el efecto de las tres regulaciones sobre la eficiencia técnica. Las sociedades de estiba y desestiba, recogida de basuras y los operadores logísticos tienen como factor productivo de mayor peso el capital; frente a los prácticos, remolcadores, amarradores, suministros y transitarios cuyo factor productivo con mayor peso es trabajo. Además se ha estimado el valor de dicha eficiencia para cada subsector y año. En este sentido, se observan discrepancias entre la eficiencia técnica en función del subsector considerado, siendo los

más eficientes los operadores logísticos, los transitarios, suministros, pasaje, consignatarias y recogida de basuras y los menos eficientes los subsectores en los que curiosamente existe menor competencia en términos de número de operadores. Esto es, sólo hay un operador (como prácticos y amarradores) o hay dos o tres (como remolcadores y estibadores).

La regulación de 1997 no generó aumentos globales de eficiencia en todos los subsectores; en cambio, la liberalización de 2003 (hay un subsector neutral ante la regulación como es el de prácticos) y con más énfasis (todos los subsectores son afectados positivamente) la nueva regulación de 2010 presentan valores positivos en la explicación de la eficiencia de prácticamente todos los subsectores analizados en la presente investigación.

A pesar de los resultados anteriores a la luz de los resultados de esta investigación es recomendable implementar políticas que fomenten el incremento de los bajos niveles de eficiencia técnica de los subsectores de servicios básicos como prácticos, remolcadores, amarradores y estibadores.

7. Referencias

Álvarez, A., Arias, C. y Orea, L. (2003): *Introducción al análisis empírico de la producción*, Universidad de Oviedo.

Baños-Pino, J., Coto-Millán, P. y Rodríguez-Álvarez, A. (1999): “Allocative efficiency and over-capitalization: an application”, *International Journal of Transport Economics*, 26(2): 181-199.

Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1992): “Frontier production functions, technical efficiency and panel data, with application to paddy farmers in India”. *Journal of Productivity Analysis* 3, 153-169

Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1995): “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”. *Empirical economics*, 20: 325-332.

Castillo-Manzano, J.I., Castro-Nuño, M., González-Laxe, F., Lopez-Valpuesta, L. y Arévalo, M. T. (2009): “Low-cost port competitiveness index: implementation in the Spanish port system”. *Marine Policy*, Vol. 33, Nº 4, pp. 591-598 (2009)

Castillo Manzano, J.I. y López Valpuesta, L. (2003): “Justificación económica de la intervención del sector público en la actividad portuaria”. *Cuadernos de Información Económica* nº 177, pp.120-129.

Castillo Manzano, J.I. y López Valpuesta, L. y Pérez García J.J. (2005): “Análisis del impacto de las leyes de 1992 y 1997 sobre el sistema portuario español”. *Documentos de Trabajo Serie Economía del Centro de Estudios Andaluces* E2005/13.

Chang, S. (1978): “Production function and capacity utilization of the port of mobile”. *Maritime Policy and Management*, 5: 297-305.

Chang, V. y Tovar, B. (2014a): “Drivers Explaining the Inefficiency of Peruvian and Chilean Ports Terminals”. *Transportation Reseach Part E*. 67, páginas 190-203

Chang, V. y Tovar, B. (2014b): “Efficiency and productivity changes for Peruvian and Chilean ports terminals: A parametric distance functions approach”. *Transport Policy*, Volume 31, enero 2014, páginas 83-94

Chioma Akinyemi, Y. (2015): “Port reform in Nigeria: efficiency gains and challenges”. *GeoJournal*. Published online: 17 June 2015.

Coto-Millán, P. (2010): “*Mecanismos de regulación en infraestructuras: una aplicación a los puertos españoles*”, Mimeo.

Coto-Millán, P., Baños-Pino, J. y Rodríguez-Álvarez, A. (2000): “Economic efficiency in Spanish ports: Some empirical evidence”, *Maritime Policy and Management*, 2(2): 169-174.

Coto-Millán, P., Casares-Hontañón, P., Sainz-González, R., Mateo-Mantecón, I., Agüeros, M., Badiola, A., Castanedo, J. y Pesquera, M.A. (2015): “Regulation, competition, crisis and technical efficiency of companies operating in Spanish ports

(2002–2011)”. *Maritime Economics & Logistics* advance online publication 4 June 2015.

Cullinane, K., Song, D.W. y Gray, R. (2002): “A stochastic frontier model of the efficiency of mayor container terminals in Asia: Assessing the influence of administrative and ownership structures”, *Transportation Research A*, 36: 743-762.

Cullinane, K., Wang, T.F., Song, D.W. y Ji, P. (2006): “The technical efficiency of container ports: Comparing data development analysis and stochastic frontier analysis”, *Transportation Research A*, 40: 354-374.

Díaz-Hernández, J.J., Martínez-Budría, E. y Jara-Díaz, S. (2008): “Parametric estimation of inefficiency in cargo handling in Spanish ports”, *Journal of Productivity Analysis*, 30(3): 223-232.

Farrell, M. J. (1957): “The measurement of productive efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society*, Serie A, volumen 120, pags 253-28.

González, M.M. y Trujillo, L. (2008): “Reforms and infrastructure efficiency in Spanish’s containers ports”, *Transportation Research Part A, Policy and Practice*, 42(1), 243–257.

González Laxe, F. (2012): “El marco regulatorio de los puertos españoles. Resultados y conectividad internacional”. *Revista de Economía Industrial*, número 386, páginas 27 a 37. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Hidalgo, S. (2011): “*Incertidumbre en la demanda, exceso de capacidad y eficiencia asignativa: una aplicación a las autoridades portuarias españolas en el periodo 1986-2007*”. Tesina Máster en Economía no publicada, Universidad de Cantabria, Santander.

Jara-Díaz, S., Cortes, C., Vargas, A. y Martínez-Budría, E. (1997): “Marginal Costs and Scale Economies in Spanish ports”. 25th European Transport Forum, Proceedings Seminal L, PTRC, London: 137-147.

Jara-Díaz, S., Martínez-Budría, E., Cortes, C. y Basso, L. (2002): “A multioutput cost function for the services of Spanish ports infrastructure”. *Transportation*, 29(4): 415-437.

Kim, M. y Sachis, A. (1986): “The structure of production, technical change and productivity in a port”. *Journal of Industrial Economics*, 35(2): 209-223.

Kumbhakar, S. C. (1990): “Production frontiers, panel data, and time-varying technical efficiency”. *Journal of Econometrics* 46, 201-212.

Martínez-Budría, E. (1996): “Un estudio econométrico de los costes del sistema portuario español”, *Revista Asturiana de Economía*, 5: 135-149.

Martínez-Budría, E., González-Marrero, R. y Díaz-Hernández, J.J. (1998): “Análisis económico de las sociedades estatales de estiba y desestiba en España”. Documento de trabajo 97/98-1, Universidad de La Laguna.

Ministerio de Fomento (2015): *Informe anual de competitividad de los servicios portuarios del año 2013*.

Núñez-Sánchez, R. y Coto-Millán, P. (2010): “The impact of public reforms on the productivity of the Spanish ports: A parametric distance function approach”. Fundación de las Cajas de Ahorros, Documento de trabajo nº 513/2010.

Núñez-Sánchez, R., Jara-Díaz, S. y Coto-Millán, P. (2011a): “Public regulation and passengers importance in port infrastructure costs”. *Transportation Research A*, 45(7), 653-666.

Núñez-Sánchez, R., Coto-Millán, P. y Pesquera, M.A. (2011b): “Cambio tecnológico y eficiencia en la gestión de las infraestructuras portuarias españolas”. *Papeles de Economía Española*, 45(7), 653-666.

Núñez-Sánchez, R. y Coto-Millán, P. (2012): “The impact of public reforms on the productivity of the Spanish ports: A parametric distance function approach”. *Transport Policy*, 24, páginas 653-666.

Rekres, R.A., Connell, D. y Ross, D.I. (1990): "The development of a production function for a container terminal in the port of Melbourne". *Papers of the Australian Transport Research Forum*, 15: 205-218.

Rodríguez-Álvarez, A., Tovar, B. y Trujillo, L. (2007): "Firm and time varying technical and allocative efficiency: an application to port cargo handling firms". *International Journal of Production Economics*, 109: 149-161.

Rodríguez-Álvarez, A. y Tovar, B. (2012): "Have Spanish port sector reforms during the last two decades been successful? A cost frontier approach". *Transport Policy*, 24: 73-82

Serebrisky, T. y Trujillo, L. (2005): "An assessment of port reform in Argentina: outcomes and challenges ahead." *Maritime Policy & Management*, vol. 32(3), páginas 191-207, Julio.

Talley, W. K. (1994): "Performance indicators and port performance evaluation". *Logistics and Transportation Review*, vol. 30, número 4, 339-352

Tongzon, J.L. (1993): "The Port of Melbourne Authority's pricing policy: its efficiency and distribution implications". *Maritime Policy and Management*, 20(3): 197-203.

Tovar, B. (2002): "Análisis multiproductivo de los costes de manipulación de mercancías en terminales portuarias. El Puerto de La Luz y de Las Palmas". Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Tovar, B. y Wall, A. (2015): "Can ports increase traffic while reducing inputs? Technical efficiency of Spanish Port Authorities using a directional distance function approach". *Transportation Research Part A*, 71 (2015) 128–140.

Trujillo, L., González, M. M. y Jiménez, J. L (2013): "An overview on the reform process of African ports". *Utilities Policy*, Volume 25, junio, páginas 12-22

Wilmsmeier, G. y Notteboom, T. (2009) "Determinants of Liner Shipping Network Configuration - A two Region Comparison". *GeoJournal*, November 2009.

Woo, S., Pettit, S.J., Kwak, D. y Beresford, A.K.C (2011): “Seaport research: A structured literature review on methodological issues since the 1980s”. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(7), páginas. 667-685.

Woo, S., Pettit, S., Beresford, A. y Kwak, D. (2012): “Seaport Research: A Decadal Analysis of Trends and Themes Since the 1980s”. *Transport Reviews*, 32(3), páginas 351-377.

8. Anexo. Empresas consideradas por cada subsector portuario.

PRÁCTICOS

CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO BAHIA DE ALGECIRAS SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE ARRECIFE SL
PROFESIONAL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE BARCELONA SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE CEUTA SL P,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE GIJON SOCIEDAD
LIMITADA PROFESIONAL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE IBIZA SOCIEDAD LIMITADA
PROFESIONAL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE LOS CRISTIANOS SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE MALAGA S.L.,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE MARIN Y RIA DE
PONTEVEDRA SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE MELILLA SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE PALMA DE MALLORCA,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE PALMA SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE PASAJES SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE RIBADEO SL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE SAGUNTO S.L.,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE SANTANDER SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE SEVILLA Y RIA DEL
GUADALQUIVIR S.L.P.,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE TARIFA SL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE TARRAGONA SL
PROFESIONAL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO DE VILLAGARCIA Y RIA DE
AROSA SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO Y RIA DE AVILES SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO Y RIA DE BILBAO SL,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO Y RIA DE HUELVA SLP,
CORPORACION DE PRACTICOS DEL PUERTO Y RIA DE VIGO SLP,
CORPORACION PRACTICOS DEL PUERTO DE CASTELLON SLP.,
CORUÑA PILOTS SLP

REMOLCADORAS

AUXILIAR MARITIMA DEL SUR SA,
COMPAÑIA ADMINISTRADORA DE REMOLCADORES SA (EXTINGUIDA),
COMPAÑIA AUXILIAR DE REMOLCADORES Y BUQUES ESPECIALES SA,
COMPAÑIA DE REMOLCADORES IBAIZABAL SA,
COMPAÑIA IBERICA DE REMOLCADORES DEL ESTRECHO SA,
COMPAÑIA VALENCIANA DE REMOLCADORES SA,

FERAMAR REMOLCADORES SL, NAVIERA DE REMOLCADORES Y
SERVICIOS SL, REMOLCADORES BOLUDA SAU.,
REMOLCADORES DAVID SL,
REMOLCADORES DE AVILES SA,
REMOLCADORES DE BARCELONA, SA,
REMOLCADORES DE CARTAGENA SA,
REMOLCADORES DE PASAJES SL,
REMOLCADORES DE PUERTO Y ALTURA SA,
REMOLCADORES DEL GUADALQUIVIR SA,
REMOLCADORES DEL NOROESTE SA,
REMOLCADORES DEL ORTEGAL SL,
REMOLCADORES DON QUIJOTE SL,
REMOLCADORES FERROLANOS SA,
REMOLCADORES MARRACOI SL,
REMOLCADORES NOSA TERRA, SA,
REMOLCADORES Y BARCAZAS DE LAS PALMAS SA,
REMOLCADORES Y BARCAZAS DE TENERIFE SA,
REMOLCANOSA Y EDSA AIE (EXTINGUIDA),
RUSA MALAGA SL,
SAR REMOLCADORES SL

AMARRADORAS

AGRUPACION AMARRADORES DEL PUERTO MELILLA S.C.,
AGRUPACION DE BOTEROS, SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DE CARTAGENA SL,
AMARRADORES BOTEROS PUERTO Y RIA DE AVILES SL,
AMARRADORES DE GARRUCHA CARBONERAS SL,
AMARRADORES DE TENERIFE S.L.,
AMARRADORES DEL NOROESTE SL. (EXTINGUIDA),
AMARRADORES DEL PUERTO DE CADIZ SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DE GIJON SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DE IBIZA SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DE PALMA SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DE SAGUNTO SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DE VALENCIA SL,
AMARRADORES DEL PUERTO DEL ROSARIO SL,
AMARRADORES DEL PUERTO Y RIA DE FERROL SL,
AMARRADORES PUERTO DE BILBAO SOCIEDAD ANONIMA,
AMARRADORES VILLAGARCIA SL,
AMARRADORES Y SERVICIOS DE IBIZA SL,
AMARRADORES Y SERVICIOS DEL GUADALQUIVIR SL,
AMARRE Y DESAMARRE DE PUERTOS DE LAS PALMAS SL,
AMARRE Y DESAMARRE MOLINA E HIJOS SL,
UNDERWATER CONTRACTORS SPAIN SL UTE.,
AMASUR SL,
ASTUR MENORCA SL,
BOTAMAVI SERVICIOS GENERALES MARITIMOS SL,
BOTEROS AMARRADORES DE TARRAGONA SL,

BOTEROS AMARRADORES DE VIGO SL,
BOTEROS AMARRADORES DEL NOROESTE SL,
BOTEROS AMARRADORES DEL PUERTO DE SANTANDER SRL,
CEMESA AMARRES BARCELONA SA, CONSULMAR SL,
J RONCO Y CIA SL,
MARITIME GLOBAL SERVICES SL,
MOORING&PORT SERVICES SL.,
NUEVA GENERACION DE AMARRADORES DE SEVILLA SLL,
SEPUMASA S. L.,
SERVEIS PORTUARIS I AMARRATGES VILANOVA SL,
SERVICIO AMARRADORES BOTEROS PASAIA SL,
SERVICIO AMARRAS MOTRIL SL,
SERVICIO BALEAR AMARRADORES SL,
SERVICIO DE AMARRES DE PUERTO DE MAHON SL (EXTINGUIDA),
TORREMOR HIJOS SOCIEDAD LIMITADA

PASAJE

COMPAÑÍA TRANSMEDITERRÁNEA,
BALEARIA,
NAVIERA ARMAS,
GRIMALDI,
FRED OLSEN,
FRS,
GRUPO ACCIONA,
GRUPO BERGÉ,
GRUPO PÉREZ Y CÍA.,
GRUPO VILLAR MIR -OHL

ESTIBADORAS

UBE CHEMICAL EUROPE SA,
BERGE MARITIMA SOCIEDAD LIMITADA (EXTINGUIDA),
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO BAHIA DE ALGECIRAS,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE VALENCIA,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE BARCELONA,
BERGE MARITIMA SOCIEDAD LIMITADA,
TERMINAL DE CONTENIDORS DE BARCELONA SL,
PEREZ TORRES MARITIMA SL,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE LA LUZ Y DE LAS PALMAS,

BERGE MARITIMA BILBAO SOCIEDAD LIMITADA,
GALIGRAIN SA,
AUTO TERMINAL SA,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE BILBAO SAGEP,
ESTIBADORA ALGEPOSA SA,
TRANSPORTES MARITIMOS ALCUDIA SA,
BERGE MARITIMA NORTE SOCIEDAD LIMITADA.,
COMA Y RIBAS SL,
GIMENO SERVICIOS PORTUARIOS SA,
VALENCIA TERMINAL EUROPA SA,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE CASTELLON SAGEP,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE TARRAGONA
S.A.G.E.P. SOCIEDAD ANONIMA,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE SANTA CRUZ DE TENERIFE,
PORTSUR CASTELLON SOCIEDAD ANONIMA,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE MALAGA SOCIEDAD
ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE SAGUNTO,
ERSHIP CADIZ SA. T ERMISUR EUROCARGO SA,
SESTIBALSA ALICANTE SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE
ESTIBADORES PORTUARIOS,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE PALMA,
CONTRATACIONES PAUBLETE SL,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE AVILES,
COMPAÑIA GADITANA DE CONTENEDORES, SL,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE SANTANDER, SAGEP,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE SEVILLA,
NOATUM CODEMAR TARRAGONA SOCIEDAD ANONIMA,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE GIJON,
ESTIBADORA SEVILLANA SL,
SOCIEDAD ESTATAL DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE
CARTAGENA, SA,
ESTICARGO SL,
CHICANTOS SL,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE EIVISSA,
PORTCARGO ALICANTE SL,
SOCIEDAD DE SERVICIOS CANTODAREA SL,
OPEMAR SL ESTIBADORA GALLEGA SA,
ALICANTE PORT SL,
CESA ALICANTE SA,
SOCIEDAD DE ESTIBA Y DESESTIBA DEL PUERTO DE GANDIA SOCIEDAD
ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS,

SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE MOTRIL,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE MELILLA SA,
SOCIEDAD DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL PUERTO DE
ALMERIA SA,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE FERROL,
INFINITA RENOVABLES SA,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE ALCUDIA,
BERGE MARITIMA PASAJES SL,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DEL ROSARIO DE FUERTEVENTURA,
INFINITA RENOVABLES CASTELLON S.A. (EXTINGUIDA),
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE SANTA CRUZ DE LA PALMA,
SOCIEDAD ANONIMA DE GESTION DE ESTIBADORES PORTUARIOS DEL
PUERTO DE MAO,
SOCIEDAD ESTATAL DE ESTIBA Y DESESTIBA DO PORTO DE VILAGARCIA
DE AROUSA, SA,

SUMINISTROS

AEGEAN BUNKERING COMBUSTIBLES LAS PALMAS SA,
BABE Y CIA SL,
BOLUDA TANKERS SA,
BOMINFLOT SA,
CESPA CONTEN SOCIEDAD ANONIMA (EXTINGUIDA),
COMBUSTIBLES DEL ESTRECHO SL,
COMBUSTIBLES SANTANA DOMINGUEZ SL,
EMPRESOIL SL,
ESERGUI INVERSIONES SOCIEDAD LIMITADA,
EUTRASUR SL,
FUEL IBERIA SL,
GABARRAS Y SERVICIOS SA,
GRUPO INSULAR OCEANO SL.,
JIMENEZ LOPERA SA,
MAHERTRUK SL,
MURELOIL SA,
NAFTRAN SA,
PETROHOGAR SL,
PETROLERA DEL PUERTO SL (EXTINGUIDA),
PETROLIFERA DUCAR SL (EXTINGUIDA),
PETROLIFERA DUCAR SL.,
PETROLIFERA VILMA SA (EXTINGUIDA),
SEAMAR SL,

SERTOSA NORTE SL,
SUMINISTROS SNIPE SL,
TENOIL MARINE SL,
TINERFEÑA DE LUBRICANTES SL,
VILMA OIL SL

RECOGIDA DE BASURAS

ALANSU GALICIA SL,
ALEX HUELVA SL,
ASOCIADOS TOYSAL S.L.,
CARTAGO MARPOL SL,
CESPA GESTION DE RESIDUOS SA,
CESPA GESTION Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SA,
CONTENEDORES Y LIMPIEZAS CUEVAS SL,
DRAMAR ANDALUCIA TRATAMIENTO DE MARPOLES SL (EXTINGUIDA),
ECOGADES SL, E
ULEN SOCIEDAD ANONIMA,
FCC AMBITO SA,
FRANCISCO CABEZA SA,
GESTAN MEDIOAMBIENTAL SL.,
GRIÑO ECOLOGIC SA,
HERBUSA SA,
LIMPIASOL SA,
LIMPIEZA MARITIMA DE OLEOS SL,
LIMPIEZAS NERVION SOCIEDAD ANONIMA,
MALIMAR SL,
PUSAMA SL,
RESIDUOS DE MELILLA SA,
RESIDUOS MARITIMOS SL,
SANEMAR SL,
SERMAN BALEAR SL,
SERODIEL SL,
SERTEGO SERVICIOS MEDIOAMBIENTALES SLU,
SERVIPORT BALEAR SL,
TOCA SALGADO SL,
TRADEBE PORT SERVICES SL,
TRAYCISAL SL.,
URBAMAR LEVANTE RESIDUOS INDUSTRIALES SL,
URBASER SOCIEDAD ANONIMA

TRANSITARIOS

ABX LOGISTICS INTERNATIONAL ESPANA SA (EXTINGUIDA),
ACCIONA FORWARDING SA,
ALBIDES TRANSITARIOS S.L.,

ALONSO Y FABREGAS, S.L.,
AMADO MIGUEL TRANSPORTES
INTERNACIONALES SL,
BERNARDINO ABAD ALGECIRAS SL,
BERNARDINO ABAD LAS PALMAS DE
GRAN CANARIA SL,
BERNARDINO ABAD SANTA CRUZ DE TENERIFE SL,
BERNARDINO ABAD SEVILLA SL (EN LIQUIDACION),
BERNARDINO ABAD SL,
BERNARDINO ABAD VALENCIA SL,
CARALB MARITIMA SA,
DECOEXSA MEDITERRANEO SA,
DELTACARGOVIGO SL,
EUROPORTS IBERICA TPS SOCIEDAD LIMITADA.,
FELIPE GARRIGOS S L,
FILL CARGO SL,
FORWARDING CONDAL SA,
GRUPALIA TRANSITOS SL,
GRUTEMAR SL,
INTERCOLPEN SL,
INTERNATIONAL VIKING TRANSPORT SL (EN LIQUIDACION),
KUHNE&NAGEL SA (EXTINGUIDA),
LIBERTY CARGO SL (EXTINGUIDA),
MANIPULACIONES PORTUARIAS GRUPAJES Y TRANSITOS SA,
MARITIMA SURESTE SHIPPING SL,
OPERADORA LOGISTICA DE TRANSITOS INTERNACIONALES SL,
OPERINTER ALICANTE SA,
OPERINTER ANDALUCIA SL.,
OPERINTER BARCELONA SA,
OPERINTER CANARIAS SA.,
OPERINTER VALENCIA SL,
PAPI TRANSITOS SL,
RAMINATRANS CASTELLON SL,
SALVAT LOGISTICA SA,
SERVICIOS DE TRANSITOS Y ARRASTRES SL,
SOCIEDAD DE TRANSITOS MARITIMOS OPERINTER SA (EN LIQUIDACION),
STOCK LOGISTIC TRANSPORT SL,
TISA C G TRANS SL,
TRACOESA TRANSPORT SA,
TRANS FRANCOLI SL,
TRANS INSULAR SL,
TRANSITAINER SA, TRANSITOS
EUROPA VALENCIA SL,
TRANSITOS ONUBA SL,
TRANSITOS Y ADUANAS PALMA SL,
TRAVIMA CARTAGENA S.A. (EXTINGUIDA),
TRAVIMA FORWARDING SL (EXTINGUIDA),
TRAVIMA SOCIEDAD ANONIMA,
UNIEXCO LOGISTICS S.L. (EXTINGUIDA),
YANTAMAR SL,

YUSEN LOGISTICS (IBERICA) SA

CONSIGNATARIAS

AARUS MARITIMA SOCIEDAD ANONIMA,
AGENCIA MARITIMA ALGEPOSA SA,
AGENCIA MARITIMA CONDEMINAS CADIZ SA,
AGENCIA MARITIMA CONDEMINAS MADRID SA,
AGENCIA MARITIMA CONDEMINAS MALAGA SA,
AGENCIA MARITIMA CONDEMINAS SA, AGENCIA
MARITIMA DE CONSIGNACIONES SOCIEDAD ANONIMA,
AGENCIA MARITIMA PORTILLO SL,
AGUNSA EUROPA SA,
ALFASHIP BACOMAR SL,
ARGOS PEREIRA ESPAÑA SL,
ARKAS SPAIN SA, AROLA
ADUANAS Y CONSIGNACIONES, SL,
ARTAZA PASAJES SA,
ATLANSEA CONSIGNATARIOS SL,
BALEARES CONSIGNATARIOS S. L.,
BARWIL SHIPS SERVICES SL (EXTINGUIDA),
CANARSHIP SL, CANTABRIASIL SA,
CARBONES COMERCIO Y CONSIGNACIONES SA,
CASTELLON SHIPPING SA,
COMARIT ESPAÑA SL (EN LIQUIDACION),
CONSIGNACIONES ASTURIANAS SA,
CONSIGNACIONES MARITIMAS INTERNACIONALES SA,
CONSIGNACIONES TORO Y BETOLAZA SOCIEDAD ANONIMA,
CONSIGNACIONES TRANSITOS Y TRANSPORTES INTERNACIONALES SA,
CONSIGNATARIOS DE BARCOS DE SANTANDER SA,
CONTENEMAR ALICANTE SA (EN LIQUIDACION),
CORREA SUR S.L.,
COSCO IBERIA SA,
EUROPEA DE CONSIGNACIONES SA,
FERNANDO FLORES BARCELONA SL,
FERNANDO FLORES SL,
FERNANDO FLORES VALENCIA SL,
GIMENO SERVICIOS PORTUARIOS SA.,
GLOBAL CONTAINER AGENCY SL (EXTINGUIDA),
HANJIN SPAIN SA,
IBERICA MARITIMA BAHIA HUELVA SL,
IBERICA MARITIMA BARCELONA SA,
IBERICA MARITIMA ISLAS CANARIAS SL,
IBERICA MARITIMA TARRAGONA SOCIEDAD ANONIMA,
IBERICA MARITIMA ZONA SUR SL,
IBIZA CONSIGNATARIOS SL,
IBIZA MAR CONSIGNATARIOS S.L.,
ITALMAR CONSIGNACIONES SA,

MAFUSA CONSIGNACIONES Y TRANSITOS S.L. (EXTINGUIDA),
MARAZA SAGUNTO SL,
MARITIMA GUIPUZCOANA SA,
MERTRAMAR CADIZ SL,
NEPTUNE BARCELONA SA,
NEXT MARITIME SOCIEDAD LIMITADA,
OPDR IBERIA SL.,
OPERCADIZ SL,
THOMAS WILSON SL,
TMALCUDIA TARRAGONA SRL,
TRANSBULL CADIZ SOCIEDAD LIMITADA.,
TRANSPORTES Y CONSIGNACIONES MARITIMAS BALEARES SA.,
TRANSPORTES Y CONSIGNACIONES MARITIMAS SA,
TRAVIMA SOCIEDAD ANONIMA,
VASCO CATALANA DE CONSIGNACIONES SOCIEDAD ANONIMA,
VERA CONSIGNATARIOS SL,
WAVE SHIPPING SL

OPERADORES LOGÍSTICOS

ADR TRANS SL,
AGENCIA MARITIMA BLAZQUEZ SA,
ALMACENAMIENTO FRIO Y LOGISTICA DEL SUR SL.,
ALMACENES DE DEPOSITO MARTAINER SA,
ALMACENES MARITIMOS DEL SUR CADIZ S.L.,
ALMACENES MARITIMOS DEL SUR SL,
ATLANTA FOREIGN TRADE SOCIEDAD LIMITADA.,
AZAL SERVICIOS LOGISTICOS SA,
BUNGE IBERICA SA,
BUNGE IBERICA SA (EXTINGUIDA),
CEFERINO NOGUEIRA SA,
CENTRO LOGISTICO DEL NORTE SL,
COLDTRANS SL,
COMPAÑIA LOGISTICA DE HIDROCARBUROS CLH SA,
DANIEL GOMEZ GOMEZ SA,
DELTA LOGISTIC SCV,
DISBROQUER SL,
DISTRIMEDIOS SL,
DOCKS LOGISTICS SPAIN SOCIEDAD ANONIMA,
ERSHIP CADIZ SA., ERSHIP SA,
FRIGORIFICOS DEL ATLANTICO SA,
FRIGORIFICOS OYA SA,
GONVARRI GALICIA SA,
IBERIAN LOGISTICS NORTE SL,
KATOEN NATIE IBERICA SOCIEDAD LIMITADA,
NOATUM CODEMAR TARRAGONA SOCIEDAD ANONIMA.,
NOATUM CONTAINER TERMINAL BILBAO SOCIEDAD ANONIMA.,
NOATUM CONTAINER TERMINAL MALAGA SA.,
NOATUM MARITIME HOLDINGS SLU,

NOATUM PORTS SL,
NOATUM PORTS VALENCIANA SA.,
NOATUM TERMINAL CASTELLON SA.,
NOATUM TERMINAL GRANELES SANTANDER SA,
NOATUM TERMINAL GRANELES VALENCIA SA.,
NOATUM TERMINAL POLIVALENTE SANTANDER SL,
OPERADORES LOGISTICOS DE CARTAGENA SL.,
PEREZ TORRES MARITIMA SL,
SAMSKIP MULTIMODAL CONTAINER LOGISTICS SOCIEDAD ANONIMA.,
SERVICIOS LOGISTICOS ZIERBENA SOCIEDAD LIMITADA.,
STOCK CARGO SOCIEDAD LIMITADA,
TRANSFESA MARITIMO TERRESTRE S L (EXTINGUIDA),
VELICE LOGISTICA SA

Capítulo VI: Conclusiones

Esta tesis consta de cuatro investigaciones con análisis de eficiencia técnica, los dos primeros sobre economía de la innovación y los dos últimos sobre economía del transporte. En la primera investigación se ha propuesto una función de producción de innovación, utilizando una forma funcional Cobb-Douglas, con los capitales humano y tecnológico – dos indicadores para este último de inversiones públicas y privadas en el mismo – como inputs, con un total de tres variables explicativas para el total de las regiones europeas en el período 2007 a 2011. Haciendo uso de la información estadística de la Comisión Europea, se ha contrastado dicha función de producción con buenos resultados. Posteriormente se ha procedido a estimar la eficiencia técnica de la producción de innovaciones en las regiones europeas y sus correspondientes determinantes.

La función de producción de innovaciones estimada presenta los resultados esperados; la innovación, aproximada por el número de patentes se explica bien por el capital humano y el capital tecnológico. Se ha considerado como proxy del capital humano la educación terciaria. También se ha considerado la inversión pública y privada en I+D. Todos los coeficientes estimados son significativos y positivos, siendo el gasto privado en I+D el que mayor peso tiene. Así, se han estimado los determinantes de la innovación para el total de las regiones europeas, obteniéndose los resultados esperados acordes a anteriores investigaciones. Por ello, para impulsar la innovación deben incentivarse medidas que permitan a un mayor porcentaje de población la obtención de un título universitario, así como el incremento del porcentaje sobre el PIB del gasto tanto público como privado en I+D. Por otra parte, se ha estimado la eficiencia técnica en la producción de innovaciones en las regiones europeas, siendo destacable la gran concentración de eficiencia en regiones centroeuropeas, en mayoría alemanas. Puede observarse el contraste entre la concentración en las regiones centroeuropeas más técnicamente eficientes en la generación de innovaciones (medidas por el número de patentes por cada millón de habitantes) frente a las menos eficientes situadas en países de nueva adhesión a la Unión Europea como Polonia o Rumanía.

Posteriormente se ha estudiado el efecto de las políticas de apoyo a las regiones europeas de Objetivo 1 frente a las regiones que están fuera de tal objetivo. Los resultados muestran que las regiones de Objetivo 1 aunque tienen menores niveles de eficiencia media tienen un crecimiento significativo medio en la producción de innovaciones frente al resto de regiones a lo largo del periodo de estudio de 2007-2011. Sin embargo, las regiones que no se han beneficiado de las políticas de apoyo concedidas a las regiones Objetivo 1 tienen un descenso de eficiencia técnica media.

En la segunda investigación de la presente tesis se ha propuesto una función de producción de innovación para las regiones españolas para el período temporal 2004 a 2011, utilizando una función de producción translog con los capitales humano y tecnológico como inputs. Haciendo uso de la información estadística que ofrece la Comisión Europea para realizar un seguimiento de la innovación en las regiones europeas, se ha contrastado dicha función de producción. Todos los coeficientes estimados son significativos y tienen signo positivo. Los dos factores productivos tradicionales como Capital Humano y Capital Tecnológico resultan significativos en la generación de patentes, resultan relevantes tanto el gasto público en investigación y desarrollo como la educación universitaria en el mecanismo generador de innovaciones de las regiones españolas. Además, se ha estimado la eficiencia técnica de las diferentes regiones consideradas. Es destacable la gran concentración de eficiencia técnica en las regiones del eje situado entre Cataluña y el País Vasco, además de las regiones valenciana y madrileña. Existe un contraste entre la concentración de las regiones más técnicamente eficientes en la generación de patentes en dichas regiones frente a las menos eficientes situadas en la cornisa cantábrica como Galicia y Cantabria; en el sur, como Andalucía y Extremadura; y, finalmente, en las regiones insulares de Canarias y Baleares.

Para obtener los determinantes de la eficiencia técnica de las regiones españolas se han incluido dos variables control como las ventas y las inversiones no innovadoras de las pequeñas y medianas empresas, y una variable determinante como si la región es Objetivo 1 o no. Los resultados indican que las políticas de Objetivo 1 han influido positivamente sobre la eficiencia técnica media de la producción de innovaciones de las regiones españolas durante el periodo 2004-2011.

De esta manera, se ha obtenido que los factores productivos Capital Humano y Capital Tecnológico resultan relevantes en la producción de innovaciones tanto en las regiones

europeas como las españolas y que los fondos europeos destinados a regiones Objetivo 1 aumentan la eficiencia técnica en la generación de innovaciones tanto en las regiones europeas como en las españolas.

En cuanto a las dos investigaciones sobre economía del transporte, se han estimado funciones de producción para los aeropuertos españoles y para los subsectores portuarios españoles. Además, se ha calculado la eficiencia técnica con variabilidad temporal y los determinantes de la misma.

En el capítulo IV se ha descrito la producción aeroportuaria española utilizando datos de una muestra de cuarenta y nueve aeropuertos en el quinquenio 2009-2013, y obteniendo que el activo fijo neto, los gastos de personal y otros gastos de explotación resultan determinantes de la producción medida por el número de pasajeros. Dicha producción opera bajo rendimientos decrecientes en un contexto de pérdida de productividad motivado por la recesión sufrida. Es destacable la intensidad del factor capital en este tipo de infraestructuras. Además se han elaborado unos resultados de eficiencia junto a sus determinantes: el tamaño medido por el número de aeronaves y la deuda total acumulada, que tienen un impacto positivo el primero y negativo el segundo sobre la eficiencia técnica. Se ha obtenido que los aeropuertos más grandes, Palma de Mallorca, Gran Canaria, Barcelona El Prat, Alicante, Ibiza, Tenerife Sur, Adolfo Suárez Madrid-Barajas, Lanzarote, Tenerife Norte y Valencia son también los más eficientes.

En particular, no ajena al escenario de los pasados años y correlacionada con las malas cifras macroeconómicas, la deuda acumulada de los aeropuertos españoles fue aumentando paulatinamente entre 2009 y 2012, disminuyendo en 2013. Este endeudamiento tiene un significativo efecto negativo sobre la eficiencia de los aeropuertos españoles. Además. Se ha contrastado que la presencia de aerolíneas de bajo coste tiene un efecto positivo sobre la eficiencia técnica aeroportuaria. Finalmente, cabe reseñar que además de los principales aeropuertos de las dos ciudades mayores del país, los aeropuertos más eficientes se corresponden con zonas eminentemente turísticas como las principales ciudades de los archipiélagos balear y canario, Alicante y la Costa del Sol.

Finalmente, en el capítulo V se ha realizado un análisis de los efectos de la regulación sobre las empresas de servicios portuarios en España durante el período temporal 1993 a

2013, mediante fronteras de producción estocásticas, obteniendo la eficiencia técnica de los subsectores portuarios y el impacto de la legislación portuaria sobre los índices de eficiencia técnica dentro de los distintos subsectores. Utilizando el VAB como variable dependiente de la función de producción y como inputs de la misma datos sobre capital, trabajo y consumos intermedios de los balances de 383 empresas y tres variables ficticias para las regulaciones, se han estimado diez funciones de producción (la mayoría presentan rendimientos decrecientes de escala) y el efecto de las tres regulaciones sobre la eficiencia técnica. Además se ha estimado el valor de dicha eficiencia para cada subsector y año. Siendo los más eficientes los operadores logísticos, los transitarios, suministros, pasaje, consignatarias y recogida de basuras y los menos eficientes los subsectores en los que existe menor competencia, como los prácticos, las remolcadoras, los amarradores y estibadores.

La regulación de 1997 no generó aumentos globales de eficiencia en todos los subsectores; en cambio, la liberalización de 2003 presenta aumentos de eficiencia en casi todos los subsectores y la nueva regulación de 2010 presenta valores positivos en la explicación de la eficiencia de todos los subsectores analizados.