

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Universidad de Oviedo



UPV EHU

ESCUELA DE DOCTORADO DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
DOCTORADO INTERUNIVERSITARIO DE ECONOMÍA DE LAS
UNIVERSIDADES DE CANTABRIA, OVIEDO Y PAÍS VASCO

TESIS DOCTORAL

ENSAYOS SOBRE EFICIENCIA INDUSTRIAL USANDO
INFERENCIA FRECUENTISTA Y BAYESIANA

PHD THESIS

ESSAYS ON INDUSTRIAL EFFICIENCY USING FREQUENTIST
AND BAYESIAN INFERENCE

Presentada por: Benito Díaz Medina

**Dirigida por: Prof. Dr. Pablo Coto Millán. Catedrático de
Fundamentos del Análisis Económico.**

Santander, Noviembre de 2018

Índice

Capítulos	Página
Índice	I
Lista de Tablas	IV
Lista de Figuras	VI
Agradecimientos	VI
1. Introducción	2
1.1. Definiciones básicas	4
1.1.1. Definiciones de eficiencia y tecnología	4
1.2. Métodos paramétricos	7
1.2.1. Frontera determinista	7
1.2.2. Frontera estocástica	8
1.3. Métodos no paramétricos	10
1.4. Enfoque Bayesiano	13
1.5. Inferencia bayesiana	15
1.5.1. Inferencia y el teorema de Bayes	16
Bibliografía	21

2. Impacto de las TIC en los países de la OCDE: Enfoque de Eficiencia	25
2.1. Introducción	25
2.2. Revisión de la literatura	29
2.3. Metodología	32
2.4. Selección y descripción de datos	35
2.5. Especificación del modelo	37
2.6. Resultado empírico	39
2.7. Observaciones finales	44
Bibliografía	46
3. Eficiencia técnica del sector del transporte en Europa	52
3.1. Introducción	52
3.2. Revisión de la literatura	56
3.3. Selección de datos	60
3.4. Descripción de datos y modelo	61
3.5. Resultados	64
3.6. Conclusiones	67
Bibliografía	69
4. Eficiencia dinámica de las empresas textiles en España: enfoque bayesiano	73
4.1. Introduction	73
4.2. Revisión de la literatura	75
4.3. Selección y descripción de datos	78
4.4. Especificación del modelo	82
4.4.1. Calibración	84
4.5. Resultado empírico	85
4.6. Observaciones finales	89
Bibliografía	90

5. Eficiencia dinámica en la industria de motores de vehículos: El caso de España	95
5.1. Introducción	95
5.2. Antecedentes	97
5.3. Metodología	102
5.4. Selección y descripción de datos	105
5.5. Resultados y discusiones	108
5.6. Conclusiones	111
 Bibliografía	 114
 6. Resumen y Conclusiones	 118
 Apéndice	 123
 A. Resultados OECD	 124
 B. Eficiencia de la industria del transporte	 126
 C. Resultados principales del modelo dinámico. Empresas manufactureras.	 128
 D. Resultados principales del modelo dinámico. Empresas automotrices.	 135

Lista de Tablas

2.1. Estadísticos descriptivos (OECD)	36
2.2. Estimación SFA de los países de la OCDE (2004-2013)	39
2.3. Test MLE de los países del OECD (2004-2013)	39
2.4. Eficiencia media técnica y retornos a escala	40
2.5. Factores determinantes en la ineficiencia (2004-2013)	42
3.1. Estadísticas descriptivas	63
3.2. Estimación SFA por MLE (2004-2013)	65
3.3. Test del modelo	65
3.4. Eficiencia técnica media y rendimientos a escala	66
4.1. Revisión de estudios de eficiencia técnica en la industria textil	78
4.2. Estadísticas descriptivas	81
4.3. Promedio total de eficiencia técnica (2007-2012)	87
4.4. Eficiencia técnica media (2007-2012)	87
5.1. Producción global de motores de vehículos	98
5.2. Estadísticas descriptivas	107
A.1. Top 5 países más eficientes (2004-2013)	124
A.2. Top 5 países menos eficientes (2004-2013)	124
A.3. Eficiencia en los países de la OECD (2004-2013)	125
C.1. Calibración de los parámetros	128
C.2. Ineficiencia promedio por trabajador	128
C.3. Resultados de la eficiencia dinámica en las industrias textiles	129

D.1. Resultados de la ineficiencia dinámica en la industria de motores de vehículos	136
D.2. Ineficiencia por comunidades autónomas	137

Lista de Figuras

2.1. Mapa de países de la OCDE con más/menos eficiencia	41
4.1. Diagrama de dispersión de la eficiencia dinámica	87
4.2. Densidad de la Eficiencia	88
5.1. Eficiencia dinámica global por comunidades autónomas (2003-2013)	112
B.1. Evolución de la ineficiencia en el sector aéreo.	126
B.2. Evolución de la ineficiencia del transporte por carretera.	127
B.3. Evolución de la ineficiencia en el transporte por ferrocarril.	127
B.4. Evolución de la ineficiencia en el transporte marítimo.	127
C.1. Densidad de los parámetros	130
C.2. Ineficiencia técnica media por comunidades autónomas (2007-2012)	131
C.3. Mapa ineficiencia dinámica 2007	132
C.4. Mapa ineficiencia dinámica 2008	132
C.5. Mapa ineficiencia dinámica 2009	133
C.6. Mapa ineficiencia dinámica 2010	133
C.7. Mapa ineficiencia dinámica 2011	134
C.8. Mapa ineficiencia dinámica 2012	134

Agradecimientos

Prima facie, quiero dar mis más sincera gratitud al Profesor Dr. Pablo Coto por haberme guiado a lo largo de esta investigación, por su paciencia, su motivación y por haber compartido su conocimiento. No podría imaginar un mejor mentor y consejero para poder realizar esta tesis.

También me gustaría dar las gracias al profesor Dr. Xosé Luís Fernández por todo el apoyo que me brindo a lo largo de estos años, por su determinación y por la confianza brindada que me inspiró a ampliar mi investigación desde varias perspectivas.

Aprovecho esta oportunidad para expresar mi gratitud a todos los miembros de la facultad y del Departamento de Economía por su ayuda y apoyo. Me gustaría mostrar mi sentido de gratitud a todos y cada uno, que directa o indirectamente, me han ayudado en esta aventura.

Por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a mi familia: mis padres, mi hermano y amigos por apoyarme incondicionalmente durante la redacción de esta tesis y mi vida en general.

Capítulo 1

Introducción

La presente tesis doctoral engloba cuatro capítulos principales independientes, cuyo nexo de unión es la ineficiencia técnica en estructuras económicas de producción y asignación de recursos.

En este primer capítulo, se hará una introducción sobre los métodos de estimación de fronteras estocásticas, así como de las definiciones básicas de eficiencia. Se definirá el marco de inferencia bayesiana, además del algoritmo de Gibbs y la cadena de Monte Carlo.

El segundo capítulo estima la contribución de las tecnologías de la información y la comunicación en la eficiencia doméstica en los países de la OECD durante el período que abarca desde 2004 a 2013. Con el uso de métodos de análisis de frontera estocásticos, este trabajo contribuye a la literatura analizando el impacto de las tecnologías en la eficiencia de los países de la OCDE, a través de dos perspectivas diferentes: el nivel de implementación de las TIC y el nivel de innovación tecnológica. En este trabajo, se muestra que el uso de las TIC y la producción de estas son los canales adecuados para mejorar la eficiencia del país. Los resultados empíricos muestran que la dependencia externa de las tecnologías de la información tiene un impacto negativo en la eficiencia doméstica. Dicha investigación resalta el efecto inherente de las variables de la tecnología de la información y la comunicación, como las patentes, la alta tecnología o el Internet, y determina el uso óptimo. Dichos aportes sirven para que los legisladores puedan promover la inversión interna.

El tercer capítulo trata, en primer lugar, de estudiar los determinantes que afectan a la eficiencia en el sector del transporte europeo durante el periodo que comprende desde 2004 a 2013. La técnica empleada se basa en la metodología de análisis de frontera estocástica.

En el presente trabajo, se pueden encontrar varias aportaciones. En primer lugar, se analizan los distintos subsectores del transporte en Europa estudiando el efecto de las variables de gestión, financieras y de responsabilidad.

Dicho enfoque es novedoso por tratar de tener una visión global de cómo se comportaban los mercados en el periodo inmediatamente anterior a la reciente crisis económica. La estimación de la función frontera de producción y las variables determinantes de la ineficiencia nos indican que el sector marítimo presenta niveles de eficiencia más alto que otros subsectores como el transporte por carretera, aéreo o ferroviario. Los datos nos sugieren que implementar una correcta gestión sobre los factores productivos tiene un impacto más positivo en los niveles de eficiencia del transporte.

En el cuarto capítulo se desarrolla una investigación desde una perspectiva de eficiencia técnica dinámica usando técnicas de inferencia bayesiana. Dicho modelo contempla la heterogeneidad observable y no observable, dados unos parámetros que influyen en la ineficiencia. Para dicha investigación, se utilizará el algoritmo de Gibbs y se harán simulaciones de la cadena de Markov Monte Carlo para obtener unos resultados más precisos.

Se analizarán datos para las principales empresas de la industria textil española desde 2007 hasta 2012. Se tiene conocimiento de que los factores de recesión globales habían afectado a la industria en el periodo objeto de estudio. Para dicha investigación se usaron variables *output* basadas en la literatura económica, como la venta por Internet, la cual tiene gran peso dado el cambio de los modelos de negocio a los se enfrenta este tipo de sector hoy en día y, en el cual, hemos podido ver a lo largo de los años cómo algunas empresas textiles españolas se han posicionado entre las más grandes del mundo.

Las variables *input* se engloban, en este capítulo, en tres grupos: innovación, capital humano y estructura.

En el caso del primer grupo, dichas variables se relacionan con las mejoras de productividad. Sin embargo, el capital humano se aproxima al modo de organización del trabajo en las

empresas, así como la gestión de las mismas. En cuanto a la estructura, se analiza la capacidad productiva, así como la propensión de internalización de las empresas.

En el quinto capítulo de esta investigación, se analizará la ineficiencia técnica en la industria automovilística en España para el intervalo de tiempo que va desde 2003 a 2013. Dicho sector tiene una gran importancia en el país.

Tradicionalmente, la revolución industrial dio paso a la producción masiva con el fin de reducir costes en los procesos productivos. La mecanización ha reducido drásticamente los precios, así como el capital humano. En esta práctica, se utilizan técnicas de fronteras estocásticas para la estimación mediante inferencia bayesiana de una función de producción. A partir de un modelo dinámico de frontera, se obtendrá una aproximación sobre los determinantes que afectan a la industria automotriz y se analizará el impacto por comunidades autónomas.

Finalmente, se incluye un capítulo donde se desarrollarán las conclusiones sobre la eficiencia de las distintas industrias y países, así como de las distintas metodologías que se han empleado. Adicionalmente, se incorpora un apéndice con resultados adicionales y material complementario.

1.1. Definiciones básicas

Esta sección define los conceptos importantes de eficiencia, así como la tecnología que se utiliza en el desarrollo de la presente investigación.

1.1.1. Definiciones de eficiencia y tecnología

La introducción del marco de la eficiencia fue propuesta principalmente por tres autores: Koopmans (1951), Debreu (1951) y, más tarde, Farrell (1957). De acuerdo con sus teorías, podemos definir la eficiencia en dos grupos: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

Por una parte, Koopmans (1951) define la eficiencia técnica como aquella que trata de evitar el desperdicio de recursos mediante una combinación *inputs-outputs* (x, y), resultando imposible aumentar un *output* sin aumentar simultáneamente un *input*.

Por otra parte, la eficiencia asignativa para Farrell, según definió en 1957, es aquella donde se combinan *outputs-inputs* en proporciones óptimas en función de unos determinados precios.

Debreu (1951), que teorizó en el mismo año que Koopmans, y Farrell (1957) introdujeron una medida de eficiencia técnica inspirada en los estudios de Koopmans (1951) donde esta se definía como radial, siendo la minimización de los costes uno de los principales objetivos.

Definición 1 *La eficiencia técnica se puede expresar como una combinación input-output (x, y) dada por un vector $f : \mathbb{R}_+^N \rightarrow \mathbb{R}$, donde la tecnología de producción es $T = \{(y, x)\}$. Formalmente, $(y, x) \in T$ es técnicamente eficiente si $(y', x') \notin T$ para $(y', -x') \geq (y, -x)$.*

Definición 2 *La eficiencia técnica de un vector output $x \in L(y)$ es técnicamente eficiente si $x' \notin L(y)$ para $x' \leq x$.*

Definición 3 *La eficiencia técnica de un vector input $y \in P(x)$ es técnicamente eficiente si $y' \notin P(x)$ para $y' \leq y$.*

Las definiciones de la tecnología están basadas principalmente en las especificaciones de Kumbhakar y Lovell (2003), en cuanto a la definición de la tecnología de progreso tecnológico esta se basa en Nishimizu (1982).

Definición 4 *La función de producción límite es una combinación input-output (x, y) dada por un vector semicontinuo $f : \mathbb{R}_+^N \rightarrow \mathbb{R}$, podemos definirlo como $f(x) = \max\{y \in P(x)\} = \max\{y : x \in L(y)\}$, donde $P(x)$ es el conjunto de inputs y $L(y)$ es el conjunto de outputs, donde ambos deben satisfacer las propiedades de $f(x)$.*

Definición 5 *La función distancia input orientada¹ (y, x) se puede definir como $D_I(y, x) = \max\{\lambda : x/\lambda \in L(y)\}$, para $x \in L(y)$, $D_I(y, x) \geq 1$, y para $x \in I(y)$, $D_I(y, x) = 1$. Este es el enfoque de una medición desde un productor hasta la frontera de posibilidades de producción, donde x es un output escalar factible de input, y que produce pequeños Outputs (x/λ^*) , tal que $D_I(y, x) = \lambda^* > 1$.*

¹La tecnología que representa el conjunto de *Outputs* se puede expresar como $L(y) = \{x : (y, x) \in T\}$

Desde el punto de vista de Debreu-Farrell, la función distancia input orientada hacia la eficiencia técnica se puede definir como:

$$TE_I(y, x) = \frac{1}{D_I(y, x)}$$

TE_I es el enfoque de medición de la eficiencia técnica, que analiza la producción y debe ser satisfecho tal que $TE_I(y, x) = \min[\theta : \theta x \in L(y)]$.

Definición 6 *La función distancia output orientada², es una combinación de outputs-inputs (x, y) , que se puede expresar como $D_o(x, y) = \min[\mu : y/\mu \in P(x)]$. Este enfoque toma la expansión de la distancia de una producción de un productor a la frontera de posibilidades de producción, y donde y puede producir con un gran Input (y/μ^*) , tal que $D_o(x, y) = \mu^* < 1$.*

Desde el punto de vista de Debreu-Farrell, la función distancia output orientada a la eficiencia técnica se puede definir como:

$$TE_o(y, x) = [D_o(x, y)]^{-1}$$

donde $TE_o(x, y) = \max[\xi : \xi y \in P(x)]$.

Definición 7 *La tecnología tiempo se usa como una forma de medir el progreso técnico, la estimación del parámetro nos permite analizar la tendencia temporal. El termino cuadrático t^2 nos permite medir el progreso técnico y, a su vez, ayuda a ser una variante temporal en la especificación del modelo.*

Si bien, la variable t se puede entender en términos de tiempo, pero la interpretación que se hace en la literatura consiste en analizarla como un índice de progreso técnico. Lo que hace el progreso técnico es desplazar la frontera de producción, por lo que aumenta, disminuye o se mantiene constante la eficiencia de los factores. Cuando se incluye esta variable en una especificación, se busca cuantificar su efecto con innumerables premisas, como que los productos de las empresas estén mejorando su calidad o que la innovación de la industria

²La tecnología que representa el conjunto de Inputs se puede expresar como $P(x) = \{y : (x, y) \in T\}$

agregue nuevos productos al mercado, además de medir el «progreso técnico». Asimismo, se puede suponer que las tecnologías de la información han tenido un impacto en la producción al sustituir bienes no eficientes por bienes eficientes, es decir, la máquina por el hombre. Otra de las premisas más importantes es que la empresa produce más con los mismos recursos, lo que significa que es eficiente de forma asignativa.

1.2. Métodos paramétricos

En esta sección, se hará una breve revisión de los dos métodos de frontera: métodos deterministas y métodos estocásticos. El interés principal de esta investigación es la metodología estocástica.

1.2.1. Frontera determinista

En las fronteras determinísticas, el término de error se encuentra recogido en la ineficiencia técnica. La función de producción Cobb-Douglas es un modelo utilizado para representar las relaciones tecnológicas entre dos o más variables. El enfoque paramétrico permite analizar la variación en el *output* y los choques técnicos al azar, ya que los modelos paramétricos permiten separar y analizar (Syed, 2014).

La función de la eficiencia puede ser representada por una forma funcional de producción Cobb- Douglas con dos inputs.

$$x = AL_i^{\alpha_1} K_i^{\alpha_2} e^{u^0} \quad (1.1)$$

$e \leq 1$ representa la ineficiencia, mientras que u^0 representa la perturbación clásica. Por una parte, muchos utilizan la medida correctora de Green (1980) por mínimos cuadrados corregidos; de esta manera, se pueden obtener los determinantes que afectan a la eficiencia de un modelo.

La técnica consiste en aplicar mínimos cuadrados ordinarios, que utiliza un modelo de regresión lineal que hace que el estimador sea insesgado de varianza mínima, siendo este método el

de mayor verosimilitud. Luego, el modelo se corrige añadiendo el residuo positivo más grande para corregir la frontera, lo que hace que el estimador sea consistente.

Los primeros métodos para calcular la frontera fueron deterministas, siendo el estado actual el que determina la verdadera naturaleza económica de la empresa. Esto dio lugar, años más tarde, a los métodos estocásticos que determinan la eficiencia de una empresa mediante acciones predecibles, así como por elementos aleatorios.

1.2.2. Frontera estocástica

Los principales autores en esta metodología son Debrau (1951) y Farrell (1957). Este enfoque toma la relación de *input* y *output* y diferencia la ineficiencia de otras fuentes de perturbación. Esta se divide y se separa el error tradicional de la ineficiencia técnica.

El modelo original de frontera estocástica fue propuesto por Aigner *et al.* (1977), y consistía en que la función de producción se componía de un término de error con dos componentes: ineficiencia técnica y error aleatorio.

Por un lado, la ineficiencia técnica se mide por los datos observados y calibra la ineficiencia a través del valor óptimo. En este caso, estos comportamientos se pueden medir gracias a la posibilidad de observar estas unidades. Por otro lado, existe el error aleatorio, que tiene efectos que afectan la producción, pero no son observables.

El error v_i representa la alteración simétrica de v_i y esta perturbación se distribuye como $N(0, \sigma_v^2)$. La distribución de u_i independientemente de v_i y satisface $e_i \leq 0$. Por lo tanto, la eficiencia técnica propuesta por Aigner *et al.* (1977) puede denotarse con la siguiente expresión:

$$TE_i = \exp(-u_i) = \frac{Y_i}{f(x_i\beta)\exp(v_i)} \quad (1.2)$$

En (1.2), $f(x_i, \beta)\exp(v_i)$ es la frontera estocástica de la producción. Estas especificaciones solo incluyen datos de sección transversal, de modo que cuando $T = 1$ hace que regrese a la sección transversal con una media normal.

Battese y Corra (1977) reparametrizan el modelo de Aigner *et al.*(1977), en el cual reemplazan σ_v^2 y σ_u^2 con $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \sigma_v^2/(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$. Esto se usa para calcular la probabilidad máxima de la estimación. El parámetro γ debe estar en el rango que comprende de 0 y 1, y este puede proporcionar un buen valor *input* para el proceso iterativo de maximización del algoritmo. El algoritmo utilizado es el propuesto por Davidon-Fletcher-Powell (DFP), el cual no definiremos, dado que se encuentra fuera del rango de esta investigación.

La estimación de máxima verosimilitud del modelo fue descrita por Pitt y Lee en 1981, donde se agrega la restricción en la que ϑ es igual a cero, lo que reduce el modelo a uno solo. Muchas de las investigaciones se centran en la invarianza temporal como supuesto.

La evolución de los modelos condujo a la intrusión de la metodología del primer panel de datos. Una de las ventajas es que la ineficiencia se trata como invariante, lo que hace que esta restricción sea lo suficientemente fuerte y, por tanto, simplifica la estimación de modelos al especificar los parámetros como fijos. Pronto, fue adaptado por muchos autores en sus investigaciones (Pitt y Lee en 1981, Schmidt y Sickles en 1984, Kumbhakar en 1987 y Battese y Coelli en 1988).

Battese *et al.* (1989) añaden la restricción de que μ se ajuste a cero, lo que proporciona que el modelo sea invariante en el tiempo.

Battese y Coelli (1992) proponen un modelo que incluye los avances antes mencionados, donde la función estocástica del límite de producción con los datos del panel sigue una distribución normal truncada de variables aleatorias, lo que permite una variación sistemática del tiempo.

En este modelo, la variable V_i tiene una distribución $N(0, \sigma_v^2)$ y $U_i = (U_i \exp(-\mu(tT)))$, que son variables aleatorias no negativas que suponen que la ineficiencia técnica de la producción de las empresas y donde $N(\vartheta, \sigma_v^2)$, es una distribución truncada a cero. Y dadas las especificaciones de Battese *et al.* (1989) el parámetro μ debe ser estimado.

Para los dos primeros capítulos de esta investigación, se utilizará la metodología de Battese y Coelli (1995), que permite la ineficiencia técnica en la estimación de la frontera estocástica con la variable de tiempo.

Siendo el modelo $y_i = f(x_i\beta) + e_i$, donde la función de la ineficiencia técnica está definida por $u_{it} = Z_{it}\delta + w_{it}$, y w_{it} se define con un truncamiento de la normal con media cero y, con varianza en este punto, $w_{it} \geq -z_{it}\delta$. U_i no es negativo y se distribuye con la normal $N(\mu_i, \sigma_u^2)$. La expresión μ_i también se puede expresar como $\mu_i = z_i\delta$, donde z_i es un vector (1xm) que explica las variables asociadas con la ineficiencia técnica de la producción de las empresas a lo largo del tiempo. Sin embargo, δ es un vector (mx1) para los parámetros desconocidos. Entonces la eficiencia técnica puede definirse por la ecuación:

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \quad (1.3)$$

En dicha ecuación (1.3), se define una de las formas para alcanzar la frontera estocástica. La literatura de eficiencia técnica está llena de contribuciones, como en el caso de Battese (1995) quien desarrolla un modelo usando componentes exponenciales. Otros autores como Greene (1990) desarrollan otra alternativa a los modelos de frontera con uno que sigue una distribución gamma.

Por otro lado, Tsionas (2007) compara la distribución gamma y la exponencial e introduce la distribución de Weibull en un estudio de datos simulados. Por medio de las técnicas computacionales más complejas, se permiten los modelos asimétricos negativos. Para la simulación se usa el algoritmo de Gibbs y el muestreo de la cadena de Markov Monte Carlo. A lo largo de este estudio, se desarrollarán técnicas de inferencia frecuente, utilizando modelos tradicionales y muy relevantes, como el de Battese *et al.* (1995), y modelos más complejos que utilizan la inferencia bayesiana y la eficiencia dinámica.

1.3. Métodos no paramétricos

Podemos dividir los métodos no paramétricos en dos grandes subgrupos: por un lado, tenemos los no radiales, que tienen un uso menor, y, por otro lado, los radiales, que gozan de una literatura más profunda.

▷ **Métodos no radiales:** En estos, no se pueden utilizar variables de unidades de medidas

distintas; algunos de estos métodos parten de ratios, por lo que es muy común el uso del índice de Malmquist cuando se quieren analizar dos periodos distintos de tiempo. Este hace uso de una función de distancia para poder medir cambios en la productividad; la orientación puede ser *input* o *output*. Al aplicar el método, se obtienen los *scores* de la eficiencia, es decir, una medida representativa del conjunto.

Esta metodología ha sido criticada por muchos autores, dada la sensibilidad que puede llegar a tener un cambio pequeño en las variables. Se indican algunos de los índices con mayor relevancia, como el de SBM (*slacks-based measure*) propuesto por Tone en 2001, el índice de Russell, la medida de asimetría de Farrell o la de Zieschang.

- ▷ **Métodos radiales:** En dicha metodología, se puede calcular la eficiencia por métodos convexos, como el análisis envolvente de datos (DEA), o no convexos, como el *free disposal hull* (FDH). Las ventajas de las técnicas radiales es que se pueden incorporar datos de distintas medidas al estudio. Farrell (1957) fue el primero en proponer los métodos radiales, pero la evolución de estos se ha dirigido más hacia los métodos no paramétricos, como el análisis envolvente de datos, que a los métodos paramétricos.

A su vez, los métodos radiales se pueden subdividir en métodos convexos y no convexos:

- ▷ **Métodos convexos:** En los convexos, el análisis envolvente de datos (DEA) es uno de los métodos preferidos para el cálculo de la eficiencia, dada su sencillez. En este tipo de métodos no es necesario especificar una función de producción concreta, sino que emplea la programación matemática para medir la eficiencia técnica. Sin embargo, a diferencia del modelo que se va a realizar en este estudio, el método DEA es incapaz de distinguir las variaciones del modelo: las que se deben al ruido blanco y las que se deben a la ineficiencia. El modelo de DEA fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y parte del modelo de Farrell (1957). Se trata de una aplicación para múltiples *outputs*, con rendimientos constantes a escala y convexa. En 1984, Banker, Charnes y Cooper eliminaron los rendimientos constantes a escala, creando un modelo con mayor flexibilidad a la nube de puntos.

En el análisis envolvente de datos, se desarrolló el CRS, que se encuentra bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala y es un método *input-output*. Dicho método contempla que la producción cambie en la misma proporción que los insumos productivos. Este supuesto se suma al VRS variable de rendimientos de escala, que afecta, en las secciones cruzadas de datos, a las unidades de producción o toma de decisiones (DMU). Cada unidad en la toma de decisiones (DMU) bajo el modelo de variables de rendimientos a escala (VRS), con la restricción de eficiencia de los rendimientos constantes a escala (CRS) se mide bajo la maximización del modelo o, lo que es lo mismo en cuanto a las matemáticas, mediante coordenadas cartesianas.

Se debe tener en cuenta que un modelo DEA no es un modelo de regresión. Cuando se estima la frontera de posibilidades de producción, la flexibilidad del DEA envuelve la muestra de datos, por lo que algunas de las ventajas con los modelos paramétricos es que no es necesaria la especificación de un modelo y este puede modelizar procesos de producción con múltiples *inputs* y *outputs*. Al tratarse de métodos matemáticos, no es preciso preocuparse de los grados de libertad, pues se debe tener en cuenta que este tipo de modelos no es causal. Asimismo, se pueden catalogar los métodos DEA en dos grupos: uno, en el campo de los *outputs* y el otro, en la de los *inputs*.

La metodología de los DEA ha estado sujeta a numerosas críticas ya que los resultados que estima son muy sensibles a los errores de medición, por lo que una unidad afectada podrá afectar todos los *scores*. Algunos de los supuestos que se pueden considerar pueden ser: el de aditividad o el infinitesimal no arquimediano, ambos restrictivos de pesos o multiplicativos. Dada la naturaleza de los métodos convexos, se pueden dar situaciones en la que las variables sean imaginarias.

- ▷ **Métodos no convexos:** En los métodos no convexos, tenemos el *free disposal hull* (en adelante, FHD), que, al igual que los métodos convexos, tiene una orientación hacia los *inputs* y otra dirigida a los *outputs*. La ventaja del FDH frente a los métodos convexos es que las unidades son las reales, ya que no crea unidades imaginarias.

La sofisticación de técnicas en el análisis DEA llevó a la introducción de la metodología bootstrap planteada por Simar (1992) de frontera para estimaciones paramétricas, no paramé-

tricas y semi-paramétricas en datos de panel. Kneip *et al.* (2007) establecen la distribución asintótica del estimador de la eficiencia para los rendimientos a escala bajo supuestos débiles en el procesos generados de datos. Aplicando la metodología de bootstrap destaca el sub-muestreo como una técnica que funcionan mejor con las pequeñas muestras. Hay además nuevos estudios como el de O'Donnell (2014), en el cual desarrolla un análisis con variables ambientales considerando una nueva fórmula para la relación de una producción total de un *output* agregado, aplicando supuestos relativos a tecnologías, mercados y el comportamiento de las empresas.

1.4. Enfoque Bayesiano

Cuando se realiza un estudio con otra metodología distinta a la habitual, pocas veces se analizan las diferencias entre dos tipos de enfoque: la escuela clásica o frecuentistas y bayesianos. El principal desacuerdo entre estas dos escuelas de estadística es la definición de probabilidad.

Para los frecuentistas, la probabilidad tiene cabida en mediciones repetidas, por lo que, cuanto más se repita un experimento, existirá una mayor frecuencia de cualquier valor dado, que indicará la probabilidad de medir ese valor. El objetivo de los frecuentistas es determinar una conclusión basándose en la significación estadística del modelo, así como de los parámetros y la contratación de unas hipótesis dentro del marco de objeto de estudio. Otra de las diferencias es que los criterios de decisión son estáticos, no hay subjetividad (Carreño, 2006).

En el caso de los bayesianos, la probabilidad se extiende para medir grados de certeza sobre ideas o restricciones basadas en una determinada teoría económica. Estos pueden usar su conocimiento de un determinado sector para analizar un evento. No obstante, los frecuentistas no están exentos de subjetividad, ya que ellos, bajo sus propios criterios, aceptan o no un modelo dependiendo de los niveles de significación, por lo que los resultados suelen ser un reflejo subjetivo del investigador, en cambio, la subjetividad de los bayesianos radica en unos criterios basados en la teoría económica o en la experiencia, aplicando esta información a priori.

En los conceptos bayesianos tenemos los *prior* y *posteriors*. Cuando se empieza un estudio, se

hace basándose en una creencia, la cual se llama *prior* y es, sin duda, una de las especificaciones más controvertidas de la inferencia bayesiana. Por otra parte, el resultado es el *posteriors*.

Otra de las consideraciones que debemos tener en cuenta de los *priors* es si son conjugados o no conjugados. El *prior* colocado en un parámetro se conjuga si la densidad posterior pertenece a la misma familia paramétrica que el *prior*. Los *priors* conjugados facilitan el análisis, pero debemos de tener en cuenta tres características: que sean informativos, poco informativos o no informativos (Jeffreys):

- ▷ **prior informativo:** Demasiada información en los *priors* restringen los valores de los parámetros (demasiada información da a entender que sabemos más de lo que nos proporcionan los datos).
- ▷ **prior poco informativo:** Transmiten ignorancia sobre el valor del parámetro.
- ▷ **prior no informativo o Jeffreys prior:** No dependen de los parámetros cuya distribución se describe.

El *Jeffreys prior* depende de Fisher³, una matriz de información que, a menudo, es inadecuada.

Una de las ventajas del *Jeffreys prior* es el efecto en el *posterior*, donde refleja la información lo mejor posible acerca de los parámetros presentados por los datos. La intención de Jeffreys es representar la ignorancia en el valor de los parámetros en sentido absoluto y no la que se encuentra bajo una parametrización en particular, lo que hace que, indistintamente, desde donde empecemos la reparametrización nos lleve al mismo sitio, haciendo que el impacto en distribuciones posteriores sea mínimo.

Como se ha comentado, el *Jeffreys prior* depende de la matriz de información de Fisher, por lo que se pueden hacer ciertas interpretaciones: en la segunda derivada del logaritmo de verosimilitud de Fisher, se puede interpretar que, muy probablemente, observaremos datos para los que la probabilidad cambiará sustancialmente si cambiamos el parámetro. Por otra parte, si la varianza es pequeña, los datos generados por el parámetro tendrán un mayor efecto

³Se define como $\pi(\theta) \propto [I(\theta)]^{\frac{1}{2}}$ donde I es la información de Fisher, esto está definido $I(\theta) = -E_{\theta}[\frac{\partial^2 l(X_1, \theta)}{\partial \theta^2}]$ donde se prueba que es invariable bajo reparametrización.

en la densidad posterior, ya que la probabilidad será pequeña en todas partes excepto cerca del parámetro. En el caso contrario, se tendría que usar mayores pesos en el prior del parámetro.

Otra de las cosas que se deben tener en cuenta entre frecuentistas y bayesianos es que las pruebas de hipótesis de los primeros no se traducen bien a la inferencia bayesiana, por lo que los modelos se comparan mediante factores de Bayes. Los resultados, a diferencia de la clásica hipótesis de poder rechazar o no, es algo que en la inferencia bayesiana no se usa, pues, en esta, se analiza la probabilidad del modelo posterior.

La dificultad de tener que transmitir una creencia o idea en cada uno de los parámetros ha hecho que la inferencia bayesiana sea un método complicado para el análisis y muchos hayan preferido elegir la metodología frecuentista como una herramienta donde las premisas están cuantificadas.

1.5. Inferencia bayesiana

La principal ventaja del análisis bayesiano es que la inferencia de las ineficiencias es exacta, esto es, la ventaja se deriva de la disponibilidad real de la información, así como la integración de ideas y restricciones basadas en la teoría del comportamiento económico, lo cual permite adaptar los parámetros del modelo a condiciones de incertidumbre (Friedman, 1948 y Savage, 1952).

Un análisis por inferencia bayesiana nos aporta una serie de ventajas, como la incorporación de creencias previas, resolución de problemas donde la máxima verosimilitud tiene problemas, inferencia válida en muestras pequeñas y la interpretación de los resultados es más intuitiva.

Uno de los principales problemas del análisis por fronteras estocásticas en este contexto es que no existe software especializado, por lo que requiere derivaciones matemáticas y una gran cantidad de codificación en métodos como Markov chain Monte Carlo (MCMC), así como la especificación de creencias anteriores y métodos computacionales más intensivos.

En la literatura bayesiana, los modelos más interesantes implican el uso de más de un parámetro. Esto no supone un problema, ya que se utilizan densidades multivariantes. No obstante, el

problema aparece si tenemos *sets*⁴ de parámetros que desempeñan un papel diferente en el modelo. Podríamos resolver este problema mediante la imposición de prioridades conjugadas, pero la dificultad ha llevado a la literatura a optar por otra alternativa en la que los parámetros se dividen en grupos con propiedades similares y utilizando el algoritmo de muestreo de Gibbs (Koop *et al.* 1995).

La implementación del algoritmo de Gibbs puede ser llevada con software libre como JAGS (Plummer, 2003). Complementariamente, otros paquetes que se han usado más en la literatura es el WinBugs, introducido por Lunn *et al.* (2000). JAGS está codificado en su totalidad en C++ y, aparte, permite que se interactúe con WinBugs, lo que le da otra ventaja en caso de que sea necesario utilizar algo de ese software.

Por otra parte, otro software con bastante relevancia es de la familia de BUGS y está escrito en Component Pascal, un lenguaje de programación poco conocido, lo que dificulta las modificaciones. Hoy en día, existen paquetes para software estadístico como R, pero la complejidad de las simulaciones hace que el proceso de estimación sea lento. Para agilizar los procesos iterativos C y C++ son de los lenguajes de programación más rápidos, aunque también puede ser programado en JavaScript. El muestreo de Gibbs puede fallar si no ha sido diseñado apropiadamente (Roberts *et al.* 1994).

1.5.1. Inferencia y el teorema de Bayes

En la teoría de probabilidad y estadística, el teorema de Bayes describe la probabilidad de que un evento contemple un grado de subjetividad al poder incorporar una creencia, la cual puede estar basada en el conocimiento de la industria permitiendo ajustar el modelo de forma eficiente.

Para dos eventos A y B , se supone que $P(B) \neq 0$, de modo que:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \iff P(A \cap B) = P(A|B) * P(B)$$

⁴Esto podría ser un parámetro de varianza que debe ser positivo o la implicación de que un parámetro promedio puede asumir cualquier valor real.

También se puede escribir como $P(A \cap B) = P(B|A) * P(A)$, operando ⁵ obtenemos el teorema de Bayes, donde dos eventos A y B con $P(A) \neq 0$, de modo que:

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)*P(B)}{P(A)}$$

La regla de Bayes funciona con la probabilidad de las funciones de densidad, para dos variables aleatorias X y Y es igual:

$$p(x|y) = \frac{p(y|x)*p(x)}{p(y)}$$

donde $p(\bullet)$ es la probabilidad de las funciones de densidad. Cuando hacemos inferencia Y son los datos y X los parámetros. Un modelo postula relaciones de certeza entre lo observable y lo inobservable. La relación del modelo puede ser determinista o estocástica. El modelo se puede escribir como:

$$p(y|\theta)$$

donde θ ⁶ es un vector inobservable y y , observable. La densidad de $p(y|\theta)$ puede estar restringida por el comportamiento de y , independientemente de θ . Como una forma de representar θ es por medio de la densidad de $p(\theta)$.

$$p(y) = \int p(\theta)p(y|\theta)d\theta$$

Para producir información sobre observables, combinamos $p(\theta)$ y $p(y|\theta)$. Para la elección de un modelo, es necesaria la inferencia de más de un modelo para poder tomar una decisión en concreto. La implicación de un determinado modelo puede dar resultados de distinta interpretación, dada la relación entre observables y no observables, por lo que podemos relacionar el modelo con A , $p(y|\theta)$ se convierte en $p(y|\theta_A, A)$ y $p(\theta)$, en $p(\theta_A|A)$ ⁷.

⁵En forma matemática $P(A \cap B) = P(A|B)*P(B)$ y $P(A \cap B) = P(B|A)*P(A)$ al igualar las expresiones al lado derecho tenemos $P(A|B) * P(B) = P(B|A) * P(A)$, resolviendo $P(B|A)$ obtenemos el teorema de Bayes.

⁶ θ puede ser un parámetro común o variables latentes.

⁷El vector θ_A pertenece a $\Theta_A \subseteq \mathbb{R}^{k_A}$.

Para continuar avanzando en el modelo, debemos definir el objeto de interés del que depende la toma de decisiones y del que todos los modelos relevantes tienen influencia, lo que denotaremos como ω . Entonces, en las implicaciones del modelo A agregue ω . Por lo tanto, el modelo se define como $p(\omega|y, \theta_A, A)$.

El modelo completo es un conjunto de parámetros inobservables, variables observables y el vector de interés, definiéndose así el modelo A :

$$p(\theta_A, y, \omega|A) = p(\theta_A|A)p(y|\theta_A, A)p(\omega|y, \theta_A, A)$$

Cuando se observan los datos, la probabilidad de una decisión basada en el modelo A es $p(\omega|y^o, A)$, donde la distribución anterior corresponde a la densidad de $p(\theta_A|A)$ y $p(y|\theta_A, A)$, esto es, la distribución de los observables. La distribución del parámetro no observable θ_A condicionado a la observación y^o ⁸ y nos da la siguiente densidad:

$$\pi p(\theta_A|y^o, A) = \frac{p(\theta_A, y^o|A)}{p(y^o|A)} = \frac{p(\theta_A|A)p(y^o|\theta_A, A)}{p(y^o|A)} \propto p(\theta_A|A)p(y^o|\theta_A, A)$$

donde:

- ▷ $p(\theta_A)$ es la probabilidad de una función de densidad, que expresa nuestras creencias sobre los valores de los parámetros, antes de observar los datos, lo que se denomina como "densidad previa".
- ▷ $\pi(\theta_A|y^o)$ es la probabilidad de la función de densidad, que expresa nuestro conocimiento sobre los valores de los parámetros, después de observar los datos, lo que se denomina "densidad posterior".
- ▷ $p(y^o|\theta)$ es la densidad de los datos, si conocemos los valores de los parámetros, es la función de probabilidad que proviene del modelo

.

En la ecuación anterior, para el parámetro no observable θ_A , tenemos la densidad posterior. En este caso, la densidad relevante para la toma de decisiones se expresa como:

⁸ y^o se denota como el valor actual de los datos observables.

$$p(\omega|y^o, A) = \int_{\Theta_A} p(\theta_A|y^o, A)p(\omega|\theta_A, y^o, A)d\theta_a$$

Lo que se debe hacer es simular $\theta_A^{(m)} \sim p(\theta_A|y^o, A)$ y aplicar el algoritmo $\omega^{(m)} \sim p(p\omega|y^o, \theta_A^{(m)}, A)$, donde $\omega^{(m)}$ corresponde a la densidad posterior. La dificultad para resolver el algoritmo hizo que Gelfand y Smith (1990) adaptaran la cadena de Markov G , de modo que:

$$\theta_A^{(m)} \sim p(\theta_A|\theta_A^{(m-1)}, y^o, G)$$

donde $\theta_A^{(m)} \xrightarrow{d} p(\theta_A|y^o, A)$.

Existen diferentes métodos para llevar a cabo la inferencia, muchos de ellos se basan en el muestreo de Markov Chain Monte Carlo. Por nombrar algunos, tenemos: *Metropolis-Hastings algorithm*, *Gibbs sampling*, *Slice sampling*, *Multiple-try Metropolis* y *Reversible-jump* entre los más importantes. En nuestro caso, utilizaremos el muestreo de Gibbs, dada su importancia en la literatura.

El muestreo de Gibbs es un método de la cadena Monte Carlo Markov que genera secuencias de iteración para su posterior distribución. El conjugado anterior tiene el valor (β, σ^2) , en el que la distribución posterior se asigna $p(\beta, \sigma^2|y)$.

Cuando se genera la secuencia, la distribución se divide en dos bloques en un lado β y el otro σ^2 . Lo que se hace es estimar las distribuciones condicionales de cada parámetro $p(\beta|\sigma^2, y)$ y $p(\sigma^2|\beta, y)$.

El modelo propuesto por Tsionas (2006) sigue una distribución por y y por u con la siguiente densidad:

$$\begin{aligned} p(y, u|X, Z, \theta) &= (2\pi\sigma^2)^{-nT/2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (y_{it} + u_{it} - x'_{it}\beta)^2\right] \\ &\quad x(2\pi\omega^2)^{-nT/2} \exp\left[-\frac{1}{2\omega^2} \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T (\log u_{it} - z'_{it}\gamma - \rho \log u_{i,t-1})^2 - \log u_{it}\right] \\ &\quad x(1 - \rho^2)^{n/2} \exp\left[-\frac{1 - \rho^2}{2\omega^2} \sum_{i=1}^n (\log u_{i1} - z'_{i1}\gamma/(1 - \rho))^2 - \log u_{i1}\right] \end{aligned} \quad (1.1)$$

Para calcular el modelo solo es necesario integrar $p(y|X, Z, \theta) = \int p(y, u|X, Z, \theta)du$. La ecuación (1.1) se conoce como la función de verosimilitud aumentada, que incorpora los *priors* de las variables latentes mediante la aplicación del teorema de Bayes. Todo esto se multiplica por los parámetros estructurales $p(\theta, u|y, X, Z) \propto p(y, u|X, Z, \theta)xp(\theta)$. Se debe tener en cuenta que todos los parámetros de escala son independientes con priorizaciones gamma invertidas; $p(\tau) \propto \tau^{-(n_\tau+1)}exp(-q_\tau/(2\tau^2))$, donde $n_\tau \geq 0$, $q_\tau > 0$.

Los modelos bayesianos, a menudo, se contrastan utilizando factores de Bayes, pero estos son demasiado sensibles y requieren un proceso computacional muy alto. Uno de los métodos más ampliamente utilizados para estimar la probabilidad marginal es propuesto por Chib y Jeliakov (2001), que utiliza el algoritmo Metropolis-Hastings, cuyos bloques se utilizan para el muestreo, utilizando un modelo gaussiano. El modelo se define como:

$$\pi(\theta_i^*|y, \psi_{i-1}^*) = \frac{E_1[\alpha_{MH}(\theta_i, \theta_i^*|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})q(\theta_i, \theta_i^*|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})]}{E_2[\alpha_{MH}(\theta_i^*, \theta_i|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})]} \quad (1.2)$$

- ▷ E_1 expectativa de la condición posterior $\pi(\psi^i|y, \psi_{i-1}^*)$
- ▷ E_2 condición de medición $\pi(\psi^{i+1}|y, \psi_i^*)q(\theta_i^*, \theta_i|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})$

La densidad del algoritmo de Metropolis-Hastings se denota $q(\theta, \theta'|y)$, donde el valor actual de θ se convierte en el valor propuesto θ' , por lo que se acepta la probabilidad $\alpha_{MH}(\theta_i, \theta'|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})$ por lo que finalmente el modelo viene dado por:

$$\min\left\{1, \frac{f(y|\theta', \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})\pi(\theta', \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})q(\theta', \theta|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})}{f(y|\theta, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})\pi(\theta, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})q(\theta, \theta'|y, \psi_{i-1}^*, \psi^{i+1})}\right\}$$

Bibliografía

- [1] AIGNER, D.;LOVELL, C.; SCHMIDT, P.(1977), "*Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*", Journal of Econometrics 6(1): 21-37.
- [2] BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W.(1984), "*Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA*", Management Science, 30/9: 1078-1092.
- [3] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J.(1988), "*Prediction of Grm-level technical efficiencies: With a generalized frontier production function and panel data*", Journal of Econometrics 38:387-399
- [4] BATTESE, G.E.;CORRA, G.S.(1977), "*Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia*", Australian journal of agricultural economics, 21(3):169-179.
- [5] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J.; COLBY, T.C.(1989), "*Estimation of frontier production functions and the efficiencies of Indian farms using panel data from ICRISAT's village level studies*", Department of Econometrics, University of New England 327-348
- [6] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J.(1992), "*Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India*",In International Applications of Productivity and Efficiency Analysis, Springer Netherlands 149-165.
- [7] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J.(1995), "*A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*", Empirical economics 20(2):325-332.

-
- [8] CHARNES A., COOPER W.W., RHODES E.,(1978), *"Measuring the efficiency of decision making units"*, European Journal of Operational Research 2. North-Holland Publishing Company, pp.429-444.
- [9] CHIB, S.; JELIAZKOV, I.(2001), *"Marginal likelihood from the Metropolis-Hastings output"*, Journal of the American Statistical Association 96(453):270-281.
- [10] DEBREU, G.(1951), *"The coefficient of resource utilization"*, Econometrica 19, 273-292.
- [11] FARRELL, M.(1957), *"The measurement of productive efficiency"*, Journal of Royal Statistical, Society 3, 253-290.
- [12] FRIEDMAN, M.; SAVAGE, L.J.(1948), *"The Utility Analysis of Choices Involving Risk"*, Journal of Political Economy 56:279-304.
- [13] FRIEDMAN, M.; SAVAGE, L.J.(1952), *"The Expected-Utility Hypothesis and the Measurability of Utility"*, Journal of Political Economy 60:463-474.
- [14] GREENE, W.H.(1980), *"Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions"*, Econometrics, 13: 27-56.
- [15] GREENE, W.H.(1990), *"A gamma-distributed stochastic frontier model"*, Journal of econometrics, 46(1):141-163.
- [16] KNEIP, A., SIMAR, L., WILSON, P. W (2007), *"Asymptotics and Consistent Bootstraps for DEA Estimators in Non-parametric Frontier Models"*, Forthcoming, Econometric Theory.
- [17] KOOPMANS, T.C.(1951), *"An analysis of production as an efficient combination of activities, Activity Analysis of Production and Allocation"*. Jhon Wiley and Sons, Inc.
- [18] KOOP, G., M. STEEL, AND J. OSIEWALSKI(1995), *"Posterior analysis of stochastic frontier models using Gibbs sampling"*, Computational Statistics 10, 353-373.
- [19] KUMBHAKAR, S.C.(1987), *"The specification of technical and allocative inefficiency in stochastic production and profit frontiers"*, Journal of Econometrics 34:335-348.

- [20] KUMBHAKAR AND LOVELL(2003), "*Stochastic Frontier Analysis*", Cambridge University Press.
- [21] LUNN,D.J.,A.BEST,T.N.,ANDSPIEGELHALTERD.(2000), "*WinBUGS- Bayesian modelling framework: concepts, structure, and extensibility*", Statistics and Computing 10, 325-337.
- [22] NISHIMIZU, M., AND J. M. PAGE(1982), "*Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia 1965-78*", Economic Journal 92:368 (December), 920-36.
- [23] O'DONNELL, C.(2014), "*Technologies, markets and behaviour: Some implications for estimating efficiency and productivity change*", Paper presented at the Annual Conference of Australian Agricultural and Resource Economics Society, Port Macquarie, 5-7 February.
- [24] PITT, M.;LEE, L.(1981), "*The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in Indonesian Weaving Industry*",Journal of Development Economics 9:43-64.
- [25] ROBERTS, G.O. AND SMITH, A.F.M.(1994), "*Simple conditions for the convergence of the Gibbs sampler and Metropolis-Hastings algorithms*", Stochastic Processes and their Applications ,49-2, pp. 207-216.
- [26] SCHMIDT, P.;SICKLES, R.(1984), "*Production frontiers and panel data*",Journal of Business and Economic Statistics 2:367-374.
- [27] SIMAR, L.(1992), " *Estimating efficiencies from frontier models with panel data: a comparison of parametric, non-parametric and semi-parametric methods with bootstrapping*", Journal of Productivity Analysis 3, 167-203.
- [28] SYED, A.A N.; MUHAMMAD, A.(2013), "*The hybrid maize production in district chiniot: a cobb- Douglas model approach*",Institute of Agricultural and Resource Economics, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.4(10): 536-540.
- [29] TONE, K. (2001), " *A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis*", European Journal of Operational Research. 130. pp 498-509

-
- [30] TSIONAS, E.G(2007), " *Efficiency measurement with the Weibull stochastic frontier*",
Oxford Bulletin of Economics and Statistics 69(5):693-706.

Capítulo 2

Impacto de las TIC en los países de la OCDE: Enfoque de Eficiencia

2.1. Introducción

El término “TIC” abarca una diversidad de tecnologías de la información y comunicación (bienes y servicios), cuyo principal objetivo es cumplir o habilitar la función del procesamiento de la información y la comunicación por medios electrónicos, incluida la transmisión y la visualización (OCDE, 2009). Sin embargo, debido al aumento de los cambios en las tecnologías de la información y comunicación (en adelante, TIC), debido al progreso tecnológico, el estudio de esta área de conocimiento nunca se detendrá. La eficiencia en una determinada tecnología tiene un período de vida volátil y, por esta razón, este debe ser analizado constantemente.

La revolución tecnológica empezó en 1969, cuando Marcian Edward “Ted” Hoff a la idea de la arquitectura del primer microprocesador, que años más tarde hizo que Federico Faggin se embarcara en el primer microprocesador comercial (MCS-4), que daría inicio a una revolución. En el año 1973, Robert Metcalfe desarrolló la red más popular de trabajo en el mundo: la red Ethernet, que, años más tarde, daría lugar a la invención de la red Wi-Fi Alliance. En 1975, apareció el primer ordenador personal que se fabricó en producción masiva, año de la fundación de Microsoft por William H. Gates y Paul Allen. En 1969, el departamento de defensa de los Estados Unidos creó la red ARPANET, que daría paso a que, en 1982, se creara

el protocolo TCP/IP para la comunicación del ejército, protocolo estándar de comunicación de Internet que da lugar al protocolo actual de comunicación. En 1989, el correo electrónico empezó a estar en auge en Internet a manos de la empresa CompuServe (primer proveedor de telecomunicaciones). En 1990, Timothy John Berners-Lee logró establecer la primera conexión entre cliente-servidor, año en que nació la World Wide Web (Carr *et al.* 2005).

La creación de la red de Internet ha mejorado la eficiencia de las empresas. No obstante, el crecimiento de la tecnología, a menudo, va más allá de las necesidades de las empresas, y la complejidad hace que la curva de aprendizaje sea muy alta o, con frecuencia, esta no se use de manera eficiente, subutilizando su capacidad (Wright, 1936).

La evolución del hardware ha tenido un crecimiento tan rápido que Gordon E. Moore (1965) creó la ley de Moore, que consistía en que el número de transistores que podían colocarse en un chip de silicio se doblara cada dos años. La ley afecta a cada componente de un computador, como los procesadores o la memoria. Moore afirmó que esta tendencia se mantendría hasta el 2015 aproximadamente. Esta ley exponía que las prestaciones de los nuevos ordenadores serían cada vez mayores, a la vez que los precios serían cada vez más bajos.

La creación de la red de Internet con ordenadores cada vez más veloces ha facilitado el trabajo de las empresas, ya que ahora son estas más eficientes y se abaratan costes. Sin embargo, el crecimiento de la tecnología muchas veces va más allá de las necesidades de las empresas y la complejidad hace que la curva del aprendizaje sea muy alta o, muchas veces, esta no sea empleada de manera eficiente y se infrutilice su capacidad. Hay ciertos autores que estudian cuál es el impacto de estas tecnologías en el mundo.

Centrándose en los países de la OCDE, el 14,9 % del total de las suscripciones de banda ancha implica el uso de fibra óptica, pero la inversión, en algunos países, de la OCDE es menor del 1 % y, en otros, cerca del 70 %, como es el caso de países como Japón. La principal barrera que detiene la proliferación de la fibra óptica es el alto coste. En los países de la OCDE, solo el 6 % de la población se clasifica con habilidades técnicas de alto nivel en el uso de herramientas TIC. Los principales lugares de trabajo donde las industrias usan TIC son: salud, asistencia social, servicios de educación, fabricación y administración pública (OCDE, 2014b).

The Boston Consultin Group (2012) estimo que para el año 2016 la mitad de la población

mundial sería usuarios de internet, un negocio que factura en el G-20 aproximadamente \$4,3 miles de millones.

" El ritmo del progreso tecnológico en los productos, a menudo, excede el valor de las mejoras que los clientes exigen o pueden asimilar. Esto quiere decir que los productos, cuyas características y funcionalidad satisfacen las necesidades actuales de los usuarios, frecuentemente, siguen una trayectoria ascendente en la cual superan las futuras necesidades del mercado. Y los productos que hoy están por debajo de las expectativas de los usuarios en los principales mercados, mañana pueden llegar a ser completamente competitivos".

(Clayton 2011: 172)

La evolución de la red y el *hardware* siguió una línea distinta que la del software, cuando las empresas tenían que desarrollar sus propios *softwares* a medida, era un proceso bastante costoso. Cuando la empresa crecía, las líneas de código también, por lo que tener a un trabajador desarrollándolo era una inversión enorme. Esto hizo que crecieran nuevas empresas que se dedicaran a crear softwares para las empresas y en el año 1957 había menos de 20,000 programadores profesionales en el mundo; en el año 2014, la empresa consultora IDC1 estimó que había 18,5 millones de desarrolladores de *software* en el mundo, de los cuales, 11 millones eran desarrolladores como actividad principal. El sector de la programación ha tenido un crecimiento exponencial y se espera que siga así (Brooks, 1987 y Carr, 2005).

El mundo de las TIC es un mercado muy amplio, con innumerables aplicaciones que serán la clave en la eficiencia de un país. Según el informe de la OBS, en un minuto se realizan 4,1 millones de búsquedas en Google, 194 064 descargas de aplicaciones, 438 801 consultas en la Wikipedia, 3,3 millones de elementos se comparten en Facebook, se visualizan 10 millones de anuncios, se transfieren aproximadamente 1 572 877 GB de información. En un segundo, se envían 2 370 295 correos electrónicos, 8 551 *tweets* compartidos, 1 661 llamadas en Skype y más de 95 728 vídeos en YouTube (OBS, 2015).

En el año 2009, las empresas que más dinero invertían en investigación y desarrollo de TIC eran Microsoft, Nokia, Samsung Electronics, IBM e Intel y las empresas que más gastaban en

esto eran Google, Research in Motion, Marvell Technology Group, Ebay y Hon Hai Precision Industry. En el 2010, las prioridades de las políticas de las tecnologías de la información y comunicaciones más importantes eran: la seguridad de la información, la banda ancha de Internet, los programas de investigación y desarrollo, el e-gobierno (es decir, la accesibilidad del gobierno) y las redes de innovación y clusters (OCDE, 2010).

Si bien se ha avanzado en la medición de la producción de las TIC y su uso, el avance de estas tecnologías hace que sea imposible medir de forma precisa el impacto que generan. Si determinar los impactos en cualquier campo es difícil, para las TIC hay complicaciones adicionales porque la diversidad de estas tecnologías y su rápido cambio lo dificultan.

Una de las razones por las cuales es importante analizar la eficiencia técnica de las empresas con las TIC es que es necesario calcular la influencia de los factores determinantes que tienen una fuerte dependencia con la productividad, como decía el economista Solow (1987) en la famosa paradoja de la productividad: “Uno puede ver la era de la informática en todas partes, excepto en las estadísticas de productividad”. Esta frase originó un debate durante años y, años más tarde, se replanteó.

Dadas estas notables deficiencias en el campo de las TIC, esta investigación tiene como objetivo contribuir a la literatura económica en dos aspectos diferentes:

Primero, estimando la eficiencia técnica global a través de las técnicas SFA, tomando como punto de partida el modelo de crecimiento propuesto por Mankiw *et al.* (1992).

En segundo lugar, al evaluar el impacto de TIC en la eficiencia de los países de la OCDE desde dos perspectivas diferentes: el uso de las TIC y la producción de las mismas, esta cuestión ha sido considerada de gran interés, dado que el progreso en TIC es uno de los temas sociales y económicos más significativos en las últimas décadas, hasta el punto de que se ha creado lo que algunos llaman la “revolución de las TIC”.

El resto del capítulo está organizado de la siguiente manera: la segunda sección revisa la literatura existente sobre las TIC, en lo relativo al crecimiento económico. La tercera sección propone el modelo teórico que se calculará posteriormente. En la cuarta sección, se revisa la información estadística utilizada en este trabajo. A continuación, se estima el modelo propuesto y los principales resultados se muestran en la quinta sección. Finalmente, la sexta

sección presenta las principales conclusiones de esta investigación.

2.2. Revisión de la literatura

En esta parte, podemos encontrar los principales autores relacionados con la productividad de la TIC en la organización gerencial, la eficiencia técnica y el rendimiento de las tecnologías de la información y la comunicación. Bauer (1990), en presencia de la ineficiencia de costes, de las actuaciones a escala no constantes y del progreso tecnológico e innovador, separó en elementos los factores que conciernen a la productividad total y al crecimiento económico. Fare (1994) desarrolló más a fondo el progreso tecnológico y la productividad.

Drucker (1993) concluyó que, en la era del conocimiento, los polos más importantes son la “productividad” y la “innovación tecnológica”. Oliner *et al.* (1994) desarrolló una serie de artículos sobre la relación de la TIC y la productividad, con resultados ligeramente alentadores. Los estudios intentaban reflejar si el impacto positivo que tenían las TIC con la innovación poseían una influencia en la macroeconomía, pero, debido a la pequeña proporción de TIC en la economía, en esos años, los resultados concluyeron que el impacto fue mínimo.

Silverstone *et al.* (1996) alegó que la innovación iba más allá de la investigación y el desarrollo, la ingeniería era un paso y el consumo y uso de productos era la esencia de la innovación. A comienzos de los 90, el precio de las tecnologías de la información, comunicación y servicios disminuyeron, por lo que muchas empresas se modernizaron, lo que facilitaba que autores como Brynjolfsson *et al.* (1996) encontrasen signos de que las TIC tuvieran un impacto microeconómico notable. El trabajo de productividad evidenció la edad y, además, estos estudios también reflejaban un crecimiento macroeconómico. A pesar de la revolución industrial de las tecnologías iniciadas en la década de los años sesenta, el alto coste y el desconocimiento de las empresas por no adquirir TIC, hicieron que no se pudieran analizar estudios del impacto de las tecnologías de la información y la comunicación hasta fines del siglo XX.

Hendricks (1999) dijo que la eficacia en el intercambio de conocimiento de las TIC depende de la cultura de la empresa, las preferencias personales y la motivación. Schreyer (2000) analizó

el impacto de las TIC en el crecimiento económico de la OCDE en 1996 e infirió que existía un impacto tecnológico evidente. Dos años más tarde, Cricelli *et al.* (2002) estudió el impacto de la TIC en el monopolio natural, concluyendo que esto se volvía menos sostenible, como el progreso en la innovación tecnológica que reducía los costes fijos de los servicios.

Dedrick *et al.* (2003) obtuvo que las empresas tenían una rentabilidad positiva en promedio, dadas las inversiones en TIC, y dedujo que la paradoja de Solow (1987) había concluido. Por otro lado, los autores como Liman *et al.* (2004) utilizaron las variables de la eficiencia productiva, la productividad total de los factores y los factores de acumulación para explicar el crecimiento económico. Gholami (2006) relaciona el impacto de la inversión extranjera directa y determinó que, en países en desarrollo, se habían abierto restricciones a la IED y la inversión en las TIC conducía a una mayor productividad en el país. Asimismo, destacaba que dichos países con alta inversión en TIC son mucho más atractivos para la inversión extranjera. Kneller y Stevens (2006) utilizaron la estimación de SFA para estudiar los efectos de la eficiencia del capital humano y la I+D. Al estudiar la eficacia tecnológica de la industria, analizaron una muestra de países de la OCDE a nivel industrial desde 1973 a 1981. Encontraron que el capital humano afectaba a la eficiencia de un país, mientras que la I+D tenía un efecto insignificante en la eficiencia. Fernández *et al.* (2007) analizó el efecto de las tecnologías de la información y la comunicación con la base de datos SABI para las empresas españolas, utilizando un modelo no paramétrico, en este caso, el análisis envolvente de datos.

Lam *et al.* (2010), a través de un estudio de corte transversal con seis empresas constructoras, mediante entrevistas con los desarrolladores y usuarios de las TIC, calcularon la eficiencia técnica y concluyeron que no es posible juzgar el avance de las TIC simplemente considerando el de *hardware* y *software*. No obstante, enfatizaron que, aunque las TIC estaban integradas en las organizaciones, a menudo, la cultura empresarial y las costumbres de los trabajadores disminuían la productividad y aumentaban los costes, ya que muchos ejecutivos en la captura de decisiones dependían de copias impresas.

Heeks (2010) cree que no todas las iniciativas en las TIC tienen éxito. Sin embargo, las investigaciones en la cadena de valor: infraestructuras, accesibilidad y uso nos han hecho ver que la TIC nos ayudan a generar capital y abaratar costes. Los estudios sobre coste y beneficio

son escasos, pero los que existen nos han hecho ver que hay un retorno positivo de la inversión. Alonso *et al.* (2010) desarrollaron un análisis de frontera estocástica para 19 países de la Unión Europea, con datos de corte transversal, utilizando enfoques estocásticos y aplicando el índice de Malmquist. La conclusión es que la capacidad del gobierno para invertir en acciones claras tiene una gran influencia en la ineficiencia del país. Añón Higón y Vasilakos (2011) llegaron a la conclusión de que solo los minoristas locales pueden capturar IED si invierten constantemente en TIC.

Gargallo-Castel *et al.* (2012) concluyen que la productividad aumenta cuando las organizaciones combinan la TIC con un control de calidad. También la productividad aumenta cuando los trabajadores tienen un alto nivel de capacitación. Castiglione *et al.* (2012a, 2012b) utilizan una muestra de datos de panel de empresas manufactureras italianas en el período 1995-2006 y hacen una distinción en el estudio de la frontera estocástica de lo que es TIC y de lo que no. También separando la mano de obra altamente cualificada de la mano de obra poco calificada. El estudio refleja lo esperado, de que la elasticidad de la mano de obra cualificada es alta comparada con la mano de obra de baja cualificación, ya que otros estudios concluyen que el impacto de la TIC reduce la ineficiencia técnica.

Oliveira Pires *et al.* (2012) estimó una función de producción mundial para 75 países en un largo período temporal y analizó cuáles eran las variables determinantes en la ineficiencia técnica de los países. Magaji *et al.* (2013) examinaron la eficiencia técnica de dos tecnologías de la información y comunicación: la conexión a Internet de forma inalámbrica y por cable. El estudio obtuvo una eficiencia técnica media del 0,914 y 0,797 respectivamente. Nazarko *et al.* (2013) utilizó el modelo DEA para analizar la eficiencia de la educación superior en Polonia.

Ghosh *et al.* (2013) usaron la metodología SFA para analizar la productividad en el crecimiento económico, si esta se debe a la eficiencia o el cambio tecnológico. Tomaron la muestra de 24 países de la OCDE y concluyeron que los países con eficiencia positiva son las variables IED, comercio y educación terciaria y que las variables de ineficiencia eran educación secundaria y migración.

Brynjolfsson (2014) dedujo que la automatización de los procesos productivos y sustitución de mano de obra barata por máquinas afectaría en un futuro cercano a las personas menos cualifi-

cadass. En un mundo que tiende a la digitalización, la revolución digital está transformando el mercado, como la educación. Aristovnik *et al.* (2014) analizaron la medición de la eficiencia con un modelo no paramétrico (DEA) y utilizaron datos de escuelas secundarias en países de la OCDE. El análisis empírico muestra una baja eficiencia en determinados países de la OCDE, incluidos Eslovenia y Croacia. Por ejemplo, en República Checa, la proporción de docentes y alumnos es de 1,7 docentes por cada 100 alumnos, un índice bajo, una mala educación es relacional con impacto tecnológico. Este estudio concluyó que los nuevos miembros de la OCDE tenían una mayor ineficiencia en la escuela secundaria.

Bertschek *et al.* (2015) estudió la productividad de las empresas con diferentes niveles de intensidad tecnológica. Al usar un panel de datos de empresas alemanas, se concluyó que la productividad de algunas empresas de alta tecnología no tendían a la internacionalización porque los costes de exportación eran altos. Liu *et al.* (2015) utilizaron un modelo de eficiencia técnica que corregía la endogeneidad con variables instrumentales (GMM), analizaron la información de 92 países y los separaron por su nivel de desarrollo. Llegaron a la conclusión de que una variable positiva, además de las variables como la apertura del comercio y la IED, es la protección de la propiedad intelectual.

Finalmente, Coto Millán *et al.* (2015) estudió el efecto de la logística y las TIC en la eficiencia técnica doméstica utilizando un análisis estocástico de frontera en 34 países durante el período que comprende desde 2007 hasta 2012. Los autores concluyen que los países comprometidos con la innovación son significativamente más eficientes.

2.3. Metodología

La eficiencia técnica en una empresa es el aprovechamiento máximo de los recursos de los que dispone una empresa. En otras palabras, es tratar de evitar el despilfarro de los recursos y poder saber qué cosas nos hacen más o menos eficientes a la hora de producir un bien (Koopmans, 1951 y LeBel y Stuart, 1998).

Existen diferentes tecnologías para la medición de la eficiencia, los modelos de no frontera son más típicos en la empresa. También podrían serlo los índices de productividad y el análisis

de ratios, pero son métodos poco potentes.

En este estudio, empleamos los métodos paramétricos, los cuales necesitan una especificación de los límites de la frontera de producción. La función de producción que planteamos supone las existencias en el modelo de Mankiw Romer y Weil (1992), teoría macroeconómica sobre el crecimiento económico (en adelante, MRW).

El modelo MRW contempla como factores principales de la producción: el capital, el trabajo y el capital humano. Este modelo forma parte del modelo neoclásico de Solow y Swan (1956), aunque tiene ausencia de crecimiento tecnológico, por lo que se supone que existe crecimiento en la productividad de los factores o cuando existe un aumento de la población, esto es, modelo de crecimiento exógeno.

No obstante, el modelo MRW es un modelo de crecimiento económico endógeno, el cual, como hemos comentado antes, contempla tres factores: el capital, que en este modelo traemos como la formación bruta de capital del país; el trabajo, incluimos esta variable en *per cápita* y el capital humano, cuya definición en el modelo de Mankiw *et al.* (1992) engloba las competencias, conocimientos y capacidades de los trabajadores. Para dicha variable utilizamos los profesionales investigadores, dado que, un país es eficiente en información y comunicación cuando su capital humano está cualificado.

Se supone que la economía solo produce un bien simple: Producto (Y), que es el PIB del país. La configuración del modelo se muestra de la siguiente manera:

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta [A(t)L(t)]^{(1-\alpha-\beta)} \quad (2.1)$$

Donde, en (2.1), K representa el capital físico; H, el capital humano y el aumento de la productividad del trabajo.

La economía puede ser descrita por un agente representativo, a diferencia del modelo de Solow y Swan (1956), en el cual no se contempla y el crecimiento económico del país es endógeno en el modelo MRW.

El análisis de este trabajo se realizará siguiendo el modelo de Battese y Coelli (1995) sobre eficiencia técnica que analizaremos más a fondo en este párrafo. La función de producción

estocástica en forma matricial es la oferta de Aigner *et al.* (1977); la configuración del modelo se muestra de la siguiente manera:

$$Y_i = x_i\beta + (V_i - U_i), i = 1, \dots, N. \quad (2.2)$$

Donde, en (2.2), Y_i es la producción de los países - valor agregado -, x_i es un vector ($K \times 1$) del de las firmas, siendo β un parámetro desconocido. El error se descompone en dos partes, V_i son variables aleatorias donde $N(0, \sigma_v^2)$ y U_i no son variables de negación aleatorias que asumen la ineficiencia técnica donde la distribución $N(0, \sigma_v^2)$ asume que normalmente está truncada.

En este estudio, adoptamos el modelo de Battese y Coelli (1995), una frontera estocástica de producción con información del panel de datos, expresada como:

$$\ln Y_{it} = \ln(x_{it}\beta) + (v_{it} - u_{it}), i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T. \quad (2.3)$$

Este modelo está formado por dos ecuaciones. La primera ecuación (2.3) especifica la frontera estocástica de producción, donde Y_{it}, x_{it} y β están definidos previamente. V_{it} es una variable aleatoria del error con una distribución $N(0, \sigma_v^2)$ y es independiente de U_{it} , que es una variable aleatoria no negativa que asume la ineficiencia técnica y tiene una distribución independiente que se trunca en cero, donde $w_{it} N(0, \sigma_w^2)$, w_{it} está limitado por debajo del punto truncado $-z_{it}\delta'$, donde aparece la segunda ecuación (2.4), que reúne los efectos de la ineficiencia técnica al separarse en dos partes: por un lado, $z_{it}\delta$, que son las variables exógenas y, por otro lado, los componentes aleatorios w_{it} (Lachaal *et al.* 2004).

$$u_{it} = +z_{it}\delta' + w_{it}. \quad (2.4)$$

En la segunda ecuación, z_{it} es un vector que está bajo la influencia de la eficiencia de los países y δ es un vector de parámetros a estimar. Como en el modelo de Battese y Coelli (1992), la personalización de Battese y Corra (1977) está en uso, en la cual la varianza es reemplazada σ_v^2 y σ_u^2 con $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \sigma_v^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$. El rango en el que fluctúa el parámetro γ es

entendido entre 0 y 1. Cuando $\gamma = 1$ es un indicador de que todas las desviaciones se deben a la ineficiencia técnica.

La eficiencia técnica de producción para el país i -ésimo en la t -ésima observación se define mediante la ecuación:

$$TE_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-z_{it}\delta' - w_{it}) .$$

2.4. Selección y descripción de datos

En este apartado, utilizamos la base de datos del Banco Mundial. Después de la segunda guerra mundial Europa se encontraba devastada y en una situación económica insostenible. El gobierno de USA se encontraba en una buena situación económica por lo que con el fin de promover una organización que pudiese ayudar con créditos y prestamos a los países más desfavorecidos se creo el Banco mundial. En 1944 se reunirían 44 países en New Hampshire donde nacería esta organización, con el fin de aprovechar esta situación USA incluiría la estructura de un voto un dólar frente a la de un voto un país. Esto le daría un mayor control en esta organización.

Esta organización ha trabajado durante décadas para el apoyo de países con menos recursos. Se han destinado bastantes recursos al estudio de los mercados y al desarrollo de indicadores de desarrollo.

El banco mundial ha destinado enormes recursos a las estadísticas y sus bases de datos, de donde hemos obtenido los datos que nos han servido para el desarrollo de este estudio, que después fueron transformados a datos de panel, analizando los países que pertenecen a la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico). Los países miembros son: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Eslovenia, Eslovaquia, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza y Turquía.

En este estudio, no hemos incluido los países candidatos de adhesión, como la Federación de

Rusia, ni los países en adhesión y cooperación reforzada como Brasil, China, India, Indonesia y Sudáfrica.

En esta investigación, se analizaron 34 países, en el periodo temporal que abarca desde 2004 a 2013. Los datos con los que se ha trabajado han sido deflactados tomando como base el año 2004 para extraer el efecto que ejercen los precios sobre estas variables. Se utilizó el deflactor implícito del Banco Mundial. Asimismo, el PIB, la formación bruta de capital, la población y los investigadores se utilizaron como variables explicativas.

Tabla 2.1: Estadísticos descriptivos (OECD)

Variables	Mean	St.Dev.	Var	Min	Max
GDP	1,187e+12	2,352272e+12	5,533182e+24	8,614e+09	1,390e+13
GCF	2,571e+12	4,895439e+11	2,396532e+23	1,200e+09	3,100e+12
Investigadores	3694	1,737654e+03	3,019442e+06	286	7983

Nota: La información se expresa en notación científica. El PBI se expresa en millones de dólares, la variable formación bruta de capital se expresa en millones de dólares, y la variable investigadores se expresa en número de investigadores por cada millón de habitantes.

En la tabla 2.1 están las estadísticas principales descriptivas para la función de producción propuesta en este estudio.

Para analizar el impacto de TIC en la eficiencia técnica doméstica, consideraremos las TIC en dos aspectos diferentes: el nivel de uso de las TIC en el país (uso de TIC) y el nivel interno de producción de TIC (producción de TIC).

El uso de las TIC se aproximará por:

- ▷ **Las subscripciones a teléfono (por cada 100 personas)(ST).** Esta variable es la suma de subscripciones de líneas telefónicas analógicas, de voz, subscripciones fijas Wireless Local Loop¹, RDSI² canal de voz y los teléfonos públicos.
- ▷ **Subscripciones a banda ancha (por cada 100 personas)(SB).** Se incluyen módems de cable, DSL³, fibra hasta el hogar/trabajo. Se excluyen las tecnologías de banda ancha inalámbrica, es decir, las comunicaciones a Internet a través de telefonía móvil.

¹Término genérico que incluye las tecnologías inalámbricas y la radio.

²Red digital de servicios integrados.

³Es Internet de banda ancha. Este tipo de línea es por suscripción digital, da acceso a Internet a través de datos digitales por la red de telefónica local.

La producción de TIC será aproximada por:

- ▷ **El emprendimiento total del país (TE)**. Esta variable se refiere a aquellos trabajadores que trabajan por su cuenta con uno o más socios; es lo que se conoce como autónomos y, en ellos, la remuneración depende de los beneficios derivados de la explotación de los bienes y servicios. Asimismo, en esta variable se incluye la participación de una o más personas que van a trabajar para ellos como empleados.
- ▷ **Las importaciones de bienes de TIC (% de las importaciones totales de bienes)(IG)**. Se incluyen bienes como telecomunicaciones, audio, vídeo, ordenador y equipos relacionados (componentes electrónicos, así como otras tecnologías de la información y comunicación).
- ▷ **La exportación de alta tecnología (XH)**. Esta variable fue convertida de precios corrientes a precios constantes con base en el año 2004. Este tipo de productos tienen una intensidad muy alta en el trabajo de I+D, ya que se incluyen datos de tecnología aeroespacial, ordenadores, instrumentos científicos, maquinaria eléctrica y productos farmacéuticos.
- ▷ **La solicitud de patentes de no residentes (P)**. Los datos de esta variable provienen del informe de patentes de la OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual).

2.5. Especificación del modelo

En dicho apartado, definiremos el modelo de frontera estocástica de la función de producción. Por un lado, la variable dependiente del modelo, que es el producto interno bruto del país, lo expresaremos como GDP. La formación bruta de capital la expresaremos como GCF y los investigadores y el desarrollo, los cuales se representan como capital humano, lo denotaremos como R. Se ha incluido la variable población en las variables explicativas en términos per cápita. Las variables explicativas del modelo, quedan expresadas como:

$$\begin{aligned}
LnY_{it} = & \beta_0 + \beta_1 Ln(GCF_{it}) + \beta_2 Ln(R_{it}) + \frac{1}{2}\beta_{11}Ln(GCF_{it})^2 \\
& + \frac{1}{2}\beta_{22}(R_{it})^2 + \beta_{12}Ln(GCF_{it})LnR_{it} + v_{it} - u_{it}
\end{aligned}
\tag{2.5}$$

Donde Ln denota el logaritmo natural:

- ▷ La variable Y es *output*, tomado por el valor del PIB del país, el LnY_{it} es el producto producido en el año t por la empresa i .
- ▷ Los parámetros β_n y β_{nn} con $n=1,2,3$ son los parámetros desconocidos que se estimaron.
- ▷ La denominación GCF es la formación bruta de capital del país i , en el período de tiempo t .
- ▷ La denotación R son los investigadores de I+D del país i , en el período de tiempo t .
- ▷ V_{it} es el término de error aleatorio y u_{it} es la ineficiencia técnica.

Las variables t y t^2 se agregan a la función de producción para medir el progreso técnico neutral de Hicks. El investigador demostró cómo los efectos de la economía sobre el impacto de una tecnología dependen de su factor de sesgo. El progreso tecnológico hace que la función de producción que se estima cambie con el tiempo, desplazando la función de producción hacia arriba de una manera similar (Krugman *et al.* 1999).

La estimación de la función lineal se hará con el estadístico R, mientras que la función (2.5) representa la ineficiencia de los países. Se utilizará el paquete de R (*stochastic frontier analysis*) de Tim Coelli & Arne Henningsen (2013), versión 1.1.

Se usa el modelo de ineficiencia técnica propuesto por Battese y Coelli (1995), en el que calculamos los factores determinantes de la ineficiencia técnica en la ecuación (2.6), expresada como:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1(TE_{it}) + \delta_2(IG_{it}) + \delta_3(ST_{it}) + \delta_4(XH_{it}) + \delta_5(P_{it}) + \delta_6(SB_{it}) + W_{it}.
\tag{2.6}$$

2.6. Resultado empírico

En la tabla 2.2, se representa el modelo de la ecuación (2.5). Se obtienen las estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros del modelo, los coeficientes y los errores estándar estimados. El modelo de Battese y Coelli (1995) toma las ecuaciones (2.5) y (2.6) y estima el modelo en un único paso, a diferencia del cálculo de SFA tradicional.

Tabla 2.2: Estimación SFA de los países de la OCDE (2004-2013)

Variables	Coeff	Std.Error	
<i>Constant</i>	10.239819	0.020334	***
<i>GrossCapitalFormation</i>	0.832637	0.027049	***
<i>Researchers</i>	0.152975	0.031190	***
<i>GrossCapitalFormation</i> ²	0.076771	0.041081	.
<i>Researchers</i> ²	0.090987	0.037838	*
<i>GCF * R</i>	-0.195461	0.074838	**
$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_\mu^2$	0.097327	0.036089	**
γ	0.729696	0.109879	***
Log Likelihood	80.89034		

Nota: Signif. codes: 0 "*** 0.001 ** 0.01 * 0.05 ."

Tabla 2.3: Test MLE de los países del OECD (2004-2013)

	#Df	LogLik	Df	Pr(Chisq)	
OLS (inefficiency)	7	1.469			
Efficiency Effect Frontier (MLE)	15	80,890	8	158.84	<2,2e-16 ***

Nota: Signif. codes: 0 "*** 0.001 ** 0.01 * 0.05 ."

Para estimar el modelo, utilizamos varias suposiciones de prueba en los parámetros de la estructura de producción. La decisión se basa en la estadística de razón de verosimilitud generalizada, en la que la prueba t para el coeficiente γ no es válida, dado que γ está vinculada al intervalo $[0, 1]$ y, por lo tanto, no puede seguir una t-distribución. La prueba de suposición ⁴ junto con la decisión se informa en la tabla 2.3.

⁴ $\ln L(H_0) - \ln L(H_1)$ abarca los valores del Log de verosimilitud (LogLik) bajo la hipótesis H_0 y H_1 , la alternativa. La prueba LR es una distribución Chi-cuadrado con sus grados de libertad, que viene dada por su número de restricciones. La hipótesis nula del modelo estándar para los mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y la hipótesis alternativa es el modelo de Battese y Coelli (1995). El p-valor es menor que 0,05, por lo que se

$$LR = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)] \quad (2.7)$$

En la tabla 2.2, los coeficientes tienen los signos esperados, pero, para saber si estamos ante un error estocástico, aparece el siguiente supuesto:

$$H_0 : \gamma = 0 \quad (2.8)$$

En (2.8), si este parámetro fuera 0, nos convendría usar una especificación determinista en el modelo, pero, en nuestro caso, al ser cercano a 1 se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el modelo se ajusta a una especificación estocástica. También se puede afirmar que existe el 27.04 % de aleatoriedad en el error del modelo, siendo el 72.96 % la ineficacia del límite de producción. Los coeficientes de la tabla 2.2 son los esperados: los investigadores y la formación bruta de capital son altamente significativos. Tanto los productos al cuadrado como los productos cruzados son significativos: el signo negativo en el producto cruzado puede indicarnos la sustituibilidad de los factores productivos. Y los productos al cuadrado suponen un indicador de las actuaciones a escala del modelo. Todas las variables tienen las transformaciones logarítmicas que hacen que disminuyan las posibilidades de que, en el modelo, exista heterocedasticidad en los residuos.

Tabla 2.4: Eficiencia media técnica y retornos a escala

TE	Mean Efficiency	Returns to scale	Nº observations
2004-2013	0.9349601	0.9856120	248

Los rendimientos a escala de los países de la OCDE son constantes, por lo que un aumento de los factores productivos en los países produce, a su vez, un aumento en la misma proporción. También observamos que la eficiencia media es del 93,49 %.

En la figura 2.1, tenemos los países más eficientes de la OCDE. Entre los primeros cinco países

rechaza la hipótesis nula que afirma que el coeficiente es cero y se acepta que este no es cero y que el modelo de máxima verosimilitud es útil para la representación de nuestra frontera estocástica con una significación alta, por lo que se asume una distribución independiente y que las variables aleatorias son no negativas.

más eficientes tenemos cuatro países europeos, de los cuales encabeza el *ranking* Alemania (Ver tabla A.1 en el Apéndice).

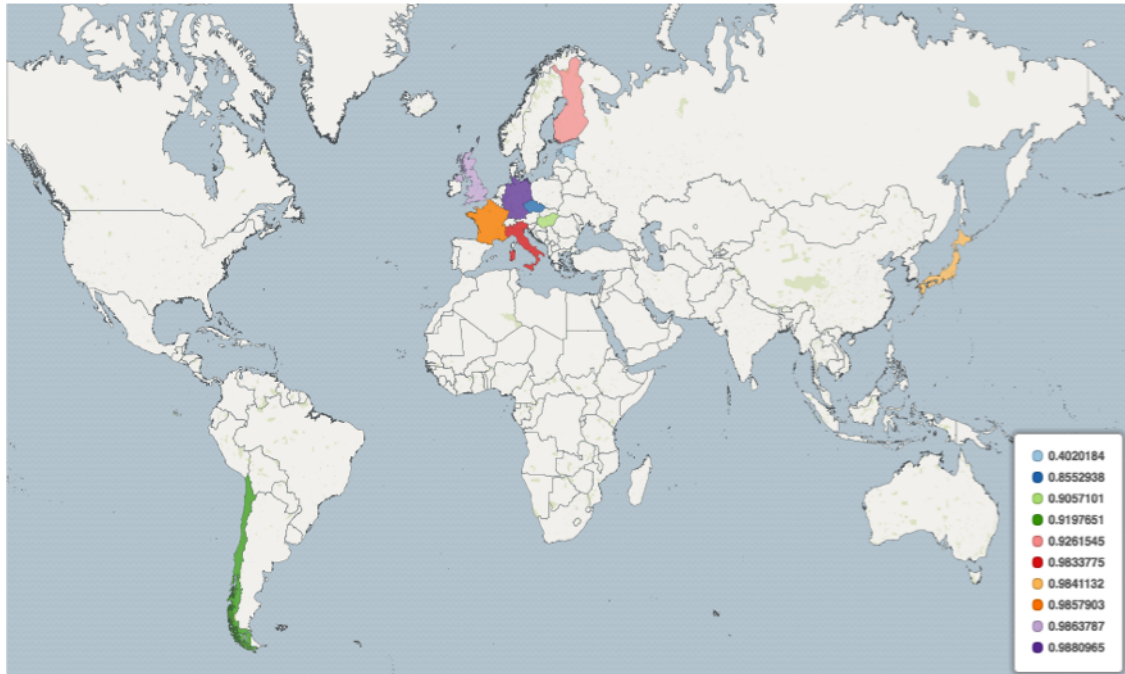


Figura 2.1: Mapa de países de la OCDE con más/menos eficiencia

Como se observa en la figura 2.1, no es de extrañar que, entre los países más eficientes, se encuentre Alemania. Según la consultora MarketLine en el año 2011, Alemania tenía el 24,5 % del mercado de software en la unión europea, seguido de Reino Unido, con el 17,3 % y Francia, el 15,6 %, país que se encuentra entre los más eficientes de la OCDE.

En el caso de Japón es de esperar que sea un país eficiente en relación con las tecnologías de la información, según The Ministry of Internal Affairs and Communications, en el año 2012, el ratio de penetración en Internet era el más alto en el mundo. En el 2013, Italia se encontraba en el 8º puesto en la unión europea de países que más solicitudes de patentes hacían.

En el año 2013, los países de la Unión Europea con más solicitudes de patentes eran Alemania, con 921 patentes; Francia, con 888; Reino Unido, con 232 e Italia, 117.

Encontramos los países menos eficientes y Estonia es el país más ineficiente de la OCDE, seguido de la República Checa, Hungría, Chile y Finlandia. (Ver tabla A.3 en el Apéndice).

Los coeficientes estimados en el modelo estocástico de ineficiencia de la tabla 2.5 son los

esperados, excepto en la variable empleo del país, que no es significativa, por lo que no se comenta.

Tabla 2.5: Factores determinantes en la ineficiencia (2004-2013)

ICT Production/Usage		Variables	Coeff	Std.Error	
		Constant	16,6689770	4.9182230	***
ICT Production		TICS good importation	1.44875200	1.3593029	**
ICT Production		Total employment	-0.4486640	0.3820936	
ICT Production		High-Tech exports	-0.4818890	0.4238653	**
ICT Production		Request of patents of not residents	-0.2713240	0.4164575	**
ICT Usage		Telephone subscriptions	-1.7330160	3.3239884	**
ICT Usage		Broad-band subscriptions	-0.1519430	0.3372481	.

Nota: Signif. codes: 0 "***"0.001 "**"0.01 "*"0.05 "."0.1 1

Tanto el tamaño de los coeficientes como el signo δ nos sirven para la interpretación de las variables determinantes de la ineficiencia, que, en este caso, son las importaciones de las TIC, las suscripciones telefónicas, las exportaciones de alta tecnología, las solicitudes de patentes y suscripciones de banda ancha. Podemos separar los determinantes de TIC en la producción y el uso de la misma.

Producción de TIC

Estas variables son la industria del país. La importación de bienes TIC tiene el signo positivo, lo que indica que los países que importan más tecnologías de la información son más ineficientes. Esto se puede deber a que la dependencia de tecnologías deja claro que estos países no tienen una mano de obra cualificada para producir, por lo que una fuerza de trabajo de baja cualificación nos dice que los profesionales no podrán sacar provecho de la extracción de las TIC. Siguiendo con el análisis en el período de 2004 a 2013, vemos como la exportación de alta tecnología afecta de manera positiva al país y el coeficiente negativo nos indica que los países que estaban exportando fueron técnicamente más eficientes que los países que no lo hicieron.

Este hecho puede deberse a que hemos verificado que, hasta los países más ineficientes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, tienen fuertes políticas de promoción de las TIC y la mayoría de los países que forman esta organización tienen mano de obra cualificada para la producción de alta tecnología. Entre los países de la OCDE que más

exportaciones hacen, se encuentran Estados Unidos de América, Alemania, Japón, Francia, Holanda y México.

El nivel de las exportaciones de alta tecnología se relaciona con la capacidad de innovación del país y la mano de obra cualificada, así como la inversión en programas de investigación y desarrollo. Es un apoyo importante que el nivel educativo permita exportar productos de alto valor agregado. Nazarko *et al.* (2013) aplican un modelo DEA para analizar la eficiencia de la educación superior en las universidades tecnológicas de Polonia, mediante la variable: estudiantes de doctorado. Este enfoque buscaba analizar la inversión en educación con la eficiencia país. Los resultados de nuestros estudios arrojan que el segundo país más eficiente es Reino Unido. Athanassopoulos *et al.* (1997) analiza las universidades del Reino Unido para medir el coste-beneficio de la educación, cuyo objetivo es hacer la inversión perfecta y crear valor con la proporción, dinero y educación de calidad.

Por otro lado, se han incluido las solicitudes de patentes de no residentes frente a las solicitudes de patentes según significatividad, excluyendo la variable no significativa para evitar problemas de multicolinealidad. Esta se puede interpretar de tal manera que un país necesite tener una buena legislación de patentes, ya que no todo es patentable y muchos países, dado el coste de patentar algo a nivel mundial, simplemente se limitan a patentar en los países en los que existe mayor competitividad de patentes. Los países que reciben mayor número de patentes de no residentes son técnicamente más eficientes por la razón de que existe un mercado rentable. Sin embargo, en los países donde hay una baja competitividad de patentes, los investigadores preferirán patentar en países donde el desarrollo sea mayor y sus productos tengan un mayor valor añadido. Wang *et al.* (2014) analizan la influencia del litigio en materia de patentes sobre el riesgo de mercado y muestran el efecto de la infracción de patente en el sector tecnológico. Verificamos en la figura 2.1 que, en los países más eficientes del mundo, aparecen los 5 países del mundo más eficientes de los 10 que hacen más solicitudes de patentes (OMPI 2014).

Uso TIC

Este determinante se relaciona con un servicio: las suscripciones de banda ancha es una variable que incluye los módems, DSL y fibra óptica. Un país será más eficiente cuanto mayor sea la proporción de cobertura de Internet. Cuando el acceso a Internet es mayor,

el impacto de TIC en la generación de eficiencia crecerá, como las suscripciones de banda ancha. Las suscripciones de telefonía son un indicador de que un país con mayor cobertura en dichas tecnologías tendrá un mayor impacto de eficiencia en el país. Schmidt (2009) afirma en su investigación que la era digital ha hecho cambiar la plataforma del mercado, pues la competencia más fuerte reduce los costes fijos para el suministro del servicio de banda ancha y el servicio de telefonía fija. En el pasado, la eficiencia de una empresa radicaba en su número de activos, almacenes, tiendas y localización. La era digital ha hecho que el negocio se base en una página web de calidad y la comunicación, en las redes sociales.

2.7. Observaciones finales

Este capítulo evalúa el papel de la innovación en los países de la OCDE. Por lo tanto, el modelo teórico se desarrolla combinando el modelo de Mankiw *et al.* (1992) con de frontera estocástica para estimar el efecto de la innovación en la eficiencia técnica nacional de la OCDE. Se usa una muestra de datos de panel para 34 países durante el período que va desde 2004 a 2013. Esta investigación contribuye a la literatura al estimar la contribución de las TIC a la eficiencia de los países de la OCDE. El impacto de la innovación en la eficiencia se analiza de dos maneras diferentes: el nivel de implementación de las TIC (uso de las mismas) y el nivel de innovación tecnológica (producción de estas).

Los resultados más destacados nos muestran el impacto significativo de las TIC en la eficiencia técnica doméstica. Por un lado, encontramos que el uso de las TIC tiene un efecto positivo en los países de la OCDE: es un canal perfecto para mejorar la eficiencia. Por otro lado, los resultados de la producción de TIC muestran una dependencia tecnológica de las mismas que impacta negativamente en la eficiencia doméstica. El coeficiente de importación de bienes de TIC representa la dependencia tecnológica de algunos países, que prefieren las tecnologías de importación en lugar de producirlas. Mostramos que, en promedio, con un aumento del 1 % en el nivel de importación de bienes TIC, el nivel de eficiencia técnica del país disminuiría en 1,44 %.

El presente estudio concluye que un aumento del 1 % en las exportaciones de alta tecnología

mejora el nivel de eficacia técnica del país en un 0,44 %. Existen variaciones sustanciales en el nivel de eficiencia entre los países de esta muestra. Entre los países más eficientes, tenemos 4 países europeos, de los cuales lidera el ranking Alemania, mientras que, en la parte inferior de la clasificación, encontramos a Estonia, seguida de países como República Checa, Hungría o Chile.

Nuestros resultados son significativos para los legisladores. Tanto la implementación de las TIC (su uso) como la innovación tecnológica (producción) son formas en las que los gobiernos pueden mejorar la productividad del país. Los responsables de las políticas deben alentar la infraestructura de las telecomunicaciones, como Internet y las conexiones telefónicas. Además, una mejor regulación de las patentes será atractiva para los investigadores, quienes, en la mayoría de los casos, son aquellos que terminan patentando.

Bibliografía

- [1] AIGNER, D.;LOVELL, C.; SCHMIDT, P.(1977), "*Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*", Journal of Econometrics 6(1): 21-37.
- [2] ALONSO, A.; AUBYN, M.ST.(2010), "*Public and Private inputs in aggregate production and Growth. A cross-country efficiency approach. Working Paper Series*",HO 1154, February 210, European Central Bank, Eurosystem.
- [3] ARISTOVNIK, A.; OBADIC A.(2014), "*Measuring relative efficiency of secondary education in selected EU and OECD countries: the case of Slovenia and Croatia*",Technological and Economic Development of Economy 20(3): 419-433.
- [4] ATHANASSOPOULOS, A.; SHALE, E.(1997), "*Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis*",Education Economics 5:117-133.
- [5] AÑÓN-HIGÓN, D.; VASILAKOS, V.(2011), "*Foreign Direct Investment Spillovers: Evidence from the British Retail Sector*",The World Economy 34: 642-666.
- [6] , G.E.; CORRA, G.S.(1977), "*Estimation of a Production Function Model with Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia*", Australian Journal of Agricultural Economics 21: 169-179.
- [7] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J.(1992), "*Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India*",International Applications of Productivity and Efficiency Analysis, Kluwer, Boston, 149-165.

- [8] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J.(1995), " *A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data*", *Empirical Economics* 20(2): 325-332.
- [9] BAKOS, Y.; BRYNJOLFSSON, E.(1996), " *Bundling information goods: Pricing, Profits and Efficiency*", Working Paper No. 1427, Stern School of Business, New York University.
- [10] BAUER, P.W.(1990), " *Discomposing TFP growth in the presence of cost inefficiency, non-constant returns to scale, and technological progress*", *Journal of Productivity Analysis* 1(4): 287-299.
- [11] BERTSCHEK, I.; HOGREFE, J.; RASEL, F.(2015), " *Trade and technology: new evidence on the productivity sorting of firms*", *Review of World Economics* 151(1): 53-72.
- [12] BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L.M.(1996), " *Paradox Lost. Firm level evidence on the returns to technology information system spending*", *Management Science*, 42(4), pp. 541-558.
- [13] BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A.(2014), " *The Second Machine Age*", Norton and Company.
- [14] CARR, N.(2004), " *Does IT Matter? Information Technology and the Corrosion of Competitive Advantage*", Harvard Business School Publishing Corporation.
- [15] CASTIGLIONE, C.; INFANTE, D.(2012a), " *TICS and lags in technical efficiency gains. A stochastic frontier approach over a panel of Italian manufacturing firms*", Trinity College Dublin, Department of Economics, No. 51071, posted 5.
- [16] CASTIGLIONE, C.; INFANTE, D.(2012b), " *TICS and time-span in technical efficiency gains. A stochastic frontier approach over a panel of Italian manufacturing firms*", Trinity College Dublin, Department of Economics, No. 55466, posted 27.
- [17] COELLI, T.J.(1996), " *A guide to frontier version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation*", Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) Working Papers 96/07, tcoelli@metz.une.edu.au

- [18] COTO-MILLÁN, P.; FERNÁNDEZ, X.L.; PESQUERA, M.A.; AGUEROS, M.(2015), *Impact of Logistics on Technical Efficiency of World Production (2007-2012)*", Networks Spatial Economics. doi:10.1007/s11067-015-9306-6.
- [19] CRICELLI, L.; GASTALDI M.; LEVIALDI N.(2002), *"The Impact of Competition in the Italian Mobile Telecommunications Market"*, Networks and Spatial Economics 2: 239-253.
- [20] CLAYTON LAYTON(2011), *"The innovator's dilemma"*, Harvard Business Review Press.
- [21] CZECH ICT ALLIANCE(2015), *" ICT in the Czech Republic"*.Czech ICT Alliance. Available from: <http://www.czechict.cz/ict-in-the-czech-republic-en-3.htm?lang=en>
- [22] DEDRICK, J.; GURBAXANI, V.; KRAEMER, K.L.(2003), *" Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence"*, ACM Computing Surveys, 35(1):1-2.
- [23] DRUCKER, P.F.(1993), *"La sociedad pos-capitalista"*.Apostrofe, ISBN 9788445500538.
- [24] FARRELL, M.J.(1957), *"The Measurement of Productive Efficiency"*, Royal Statistical Society Stable 120(3): 253-290.
- [25] FARE R.; GROSSKOPF S.; NORRIS M.; ZHANG Z.(1994), *"Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries"*, American Economic Review 84(1): 66-83.
- [26] FERNANDÉZ, M. J.; LOPEZ, S.J.I.; RODRIGUEZ, D.A.; SANDULLI, F.D.(2007), *" El impacto del uso efectivo de las tic sobre la eficiencia técnica de las empresas españolas"*, Estudios gerenciales. 23(103): 65-84.
- [27] GARGALLO-CASTEL, A.; GALVE-GÓRRIZ, C.(2012), *"The Impact of ICT on Productivity: The Moderating Role of Worker Quality and Quality Strategy"*, Management of Technological Innovation in Developing and Developed Countries, Dr. HongYi Sun (Ed.), ISBN: 978-953-51-0365-3.

- [28] GHOLAMI, R.; TOM L.S.Y.; HESHMATI A.(2006), "*The Causal Relationship Between Information and Communication Technology and Foreign Direct Investment*", *The World Economy*, 29(1): 43-62.
- [29] GHOSH, S.; MASTROMARCO, C.(2013), "*Cross-border Economic Activities, Human Capital and Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis for OECD Countries*", *World Economy*, 36: 761-785. doi:10.1111/twec.12010
- [30] HEEKS, R.(2010), "*Policy Arena: Do Information Communication Technologies (TICS) Contribute to Development?*", *Journal of International Development*, 22, pp. 625-640.
- [31] HENDRIKS, P.(1999), "*Why Share Knowledge? The Influence of ICT on the Motivation for Knowledge Sharing*", *Knowledge and Process Management*, 6(2): 91-100.
- [32] HENNINGSEN, A.; COELLI T.(2015), "*Package frontier*", R statistics. Version 1.1-0
- [33] KNELLER, R.; STEVENS P.A.(2006), "*Frontier Technology and Absorptive Capacity: Evidence from OECD Manufacturing Industries*", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 68(1):1-21.
- [34] KOOPMANS, T.C.(1951), "*An analysis of production as an efficient combination of activities, Activity Analysis of Production and Allocation*". Jhon Wiley and Sons, Inc.
- [35] KRUGMAN, P.R.(2000), "*Technology, trade and factor prices*", *Journal of International Economics*, 50(1): 51-71.
- [36] LAM, C.K.(2010), "*Estimating cross-country technical efficiency economic performance and institutions- A Stochastic Production Frontier Approach*", 29th General Conference of the International Association for Research in Income and Wealth, Finland, August 20-26.
- [37] LEBEL, L.G.; STUART, W.B.(1998), "*Technical efficiency evaluation of logging contractors using a nonparametric model*", *Journal of Forest Engineering* 9(2):15-24.
- [38] LIMAN, Y.R.; MILLER, S.M.(2004), "*Explaining Economic Growth: Factor Accumulation, Total Factor Productivity Growth and production Efficiency Improvement*", University of Connecticut Department of Economics. Working paper, N° 2004-20.

- [39] LIU, W.H.(2015), *Intellectual Property Rights, FDI, R&D and Economic Growth: A Cross-country Empirical Analysis*", World Economy. doi:10.1111/twec.12304
- [40] MAGAJI, S.; EKE C.I.(2013), *"Measuring Technical Efficiency of Wireless and Wired Technologies in Nigeria Cyber Cafes"*, CBN Journal of Applied Statistics 4(1).
- [41] MANKIW, N.G.; ROMER, D.; WEIL, D.(1992), *" A contribution to the empirics of economic growth"*, Quartely Journal of Economics 107.
- [42] MARKETLINE(2012), *" European Software Market 2011"*,Marketline.
- [43] MINISTRY OF INTERNAL AFFAIRS AND COMMUNICATIONS(2012), *Information and Communications in Japan. White Paper*", Ministry of Internal Affairs and Communications.
- [44] MOORE, G.(1965), *"Moore's law"*,Electronics Magazine, 38(8).
- [45] NAZARKO, J.; SAPARAUSKAS, J.(2014), *" Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions"*, Technological and Economic Development of Economy, 20(1):25-44.
- [46] OBS BUSINESS SCHOOL(2015), *" En 2020, más de 30 mil millones de dispositivos estarán conectados a internet"*, Estudios OBS, OBS Business School.
- [47] OECD(2009), *"Guide to Measuring the Information Society"*, OECD Publishing. Available from: www.oecd.org/sti/measuring-infoeconomy/guide
- [48] OECD(2010), *" Information Technology Outlook 2010"*, OECD Publishing. Available from: http://dx.doi.org/10.1787/it_outlook-2010-en
- [49] OECD(2014a), *"The Development of fixed broadband networks"*, OECD Digital Economy Papers N° 239. Available from: <http://dx-doi.org/10.1787/5jz2m5mlb1q2-en>
- [50] OECD(2014b), *"Skills and Jobs in the internet economy"*, OECD Digital Economy Papers N° 242, OECD Publishing. Available from: <http://dx.doi.org/10.1787/5jxvbrjm9bns-en>

- [51] OLINER, S.D.; SICHEL, D.E.(1994), "*Computer and output growth revisited: how big is the puzzle?*", *Brooking Papers on Economic Activity* 2:273-317.
- [52] OLIVEIRA-PIRES, J., GARCÍA, F.(2012), "*Productivity of nations: A Stochastic Frontier Approach to TFP Decomposition*", *Economics Research International* 1-19.
- [53] WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION(2014), "*PCT NEWSLETTER PR/2014/755*", Ginebra, March. Available from: http://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2014/article_0002.html
- [54] SCHMIDT, E.(2009), "*Grown Up Digital How the Net Generation Is Changing Your World*". Don Tapscott.
- [55] SCHREYER, P.(2000), "*The contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A study of the G7 Countries*", OECD Publishing. OECD Science, Technology and Industry Working Papers. 2000/2.
- [56] SILVERSTONE, R.; HADDON, L.(1996), "*Design and the Domestication of Information and Communication Technologies: Technical Change and Everyday Life*", *The Politics of Information and Communication Technologies* 44-74. Oxford University Press, Oxford.
- [57] SOLOW, R.M.(1956), "*A contribution to the theory of economic growth*", *Quarterly Journal of Economics* 70: 65-94.
- [58] SOLOW, R.M.(1987), "*We'd better watch out*". *New york Review of Books*, July 12, pp 36.
- [59] SWAN, T.W.(1956), "*Economic growth and capital accumulation*", *Economic Record* 32:334-361.
- [60] THE BOSTON CONSULTING GROUP(2012), "*The internet Economy in the G-20*", The Boston Consulting Group.
- [61] WRIGHT, T.P.(1936), "*Learning curve*". *Journal of the Aeronautical Sciences* (February).

Capítulo 3

Eficiencia técnica del sector del transporte en Europa

3.1. Introducción

Las turbulencias económicas que se han vivido a lo largo de estos años han hecho que nos planteemos si realmente somos eficientes en el trabajo que desarrollamos, siendo la logística uno de los pilares esenciales de cualquier negocio. A lo largo de este trabajo, se hará una descripción del sector del transporte (aéreo, carretera, ferrocarril y marítimo), así como un análisis de forma empírica más en profundidad para conocer la eficiencia técnica del transporte en Europa.

Transporte aéreo: El negocio de la aviación siempre ha sido un negocio en manos de pocas empresas que tienen el control del mercado. En un sector que genera 365 mil millones de euros a la economía de Europa, aproximadamente, un 2,4 % del PIB Europeo. Este sector genera más de 5,1 millones de empleos directos. Desde el 2004, la Unión Europea sigue implementando medidas para el desarrollo del proyecto “Cielo único europeo” para optimizar el espacio aéreo, al tiempo que programa SES II establece medidas medioambientales y de costes (European Commission, 2015).

En el caso de la ineficiencia de los aeropuertos en el caso de España siempre hemos asociado

esto a que cada comunidad autónoma quiere su propio aeropuerto aunque muchas veces no cumplan con los requisitos demográficos mínimos. España siempre ha llegado inversiones millonarias en aeropuertos como el de Castellón, Huesca, Murcia o Lleida los cuales nos han dejado ver que pesa más el egoísmo político que la razón económica.

Dadas las condiciones que anteceden esta industria se enfrenta a la volatilidad de los precios del comestible, las aerolíneas se encuentran en una carrera para reducir las emisiones de CO_2 . Este sector produce más emisiones que países como Alemania, Irán o Corea del sur.

En el año 2008, 10 millones de vuelos sobrevolaron el espacio aéreo europeo, con una media de 27,000 vuelos diarios, lo que implicó una gestión del control aéreo bastante compleja. La gestión de los espacios aéreos europeos se había dado en el año 2004, cuando la Comisión Europea impulsó el desarrollo del programa SESAR para el control del tráfico aéreo (Eurocontrol, 2008).

Los objetivos de la tecnología SESAR son: la eficiencia de los vuelos, el medio ambiente, el aumento de la demanda y la seguridad de los vuelos, entre otros. Este programa busca mejorar las telecomunicaciones entre el centro de control de tráfico y el avión, además de ahorrar combustible al optimizar los trayectos. El objetivo a medio-largo plazo es que los operadores aeroportuarios sean más eficientes.

El sector del transporte aéreo se ve fuertemente influenciado por factores externos a la economía, como el aumento del petróleo en el año 2008, el atentado de las Torres Gemelas en el año 2001 o los recientes accidentes aéreos como el de Malasia y el de los Alpes Franceses a principios del 2015. Los factores de la crisis económica han hecho que la demanda haya crecido negativamente, por lo que el impacto en la rentabilidad de las aerolíneas se ha visto fuertemente afectado (Von den Steinen *et al.* 2009).

Transporte por carretera: Este subsector ha sido, históricamente, un sector con gran dinamismo, ya que proporciona una gran flexibilidad en la carga y en la descarga en cualquier parte del territorio europeo, combinado muchas veces con otros medios de transporte. Uno de los mayores problemas es la congestión causada por el transporte excesivo en las carreteras europeas, pues esta cuesta el 1 % del PIB europeo y este es un fuerte indicador de ineficiencia. Esto provoca que los costes del petróleo sean altos, desde una postura económica es un sector

con una fuerte sensibilidad al precio de petróleo (Comisión Europea, 2012).

Si bien, la creación de la rueda dio inicio a uno los transporte más importantes que tenemos. Ya que sigue siendo indispensable una vez se llega a un puerto comercial transportar la mercancía a su destino final. La rueda nos hizo poder desplazar nuestros bienes por los caminos mas estrechos y darnos una flexibilidad que ninguno de los otros sectores nos han podido dar. Tal como se ha visto, es un sector que se ha podido adaptar mejor a las turbulencias económicas, también ha tenido que adaptarse y evolucionar.

El costo del transporte por carretera tiene una relación directa con los productos que compramos, por lo que es de gran interés para Europa la reducción de los costes. Asimismo, las políticas desde el parlamento son de reducción de emisiones de CO_2 ya que la congestión en las carreteras tiene un valor millonario. Cabe agregar, el auge de nuevas tecnologías que respetan mejor al medio ambiente como vehículos eléctricos, que por el momento son inviables, ya que el coste de escalar a nueva tecnología representa unos costes y un tiempo de adopción inasumibles.

En efecto los vehículos eléctricos no están contemplados en el panorama a corto plazo dado su alto precio y la poca infraestructura, se busca paliar y cumplir con las políticas europeas con una alternativa para la reducción de costes como es el gas natural licuado. Muchas empresas han empezado a usar este medio para poder hacer frente a la competitividad del mercado.

El MEMO/11/197 de la Comisión Europea (2011) describe los desafíos que enfrentan el sector del transporte, el cual emplea aproximadamente a 10 millones de personas y representa el 5 % del PIB, mientras que se enfrenta a una escasez del precio del petróleo, ya que la unidad es muy alta. Europa planea reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un 80-90 % a largo plazo, por debajo de los niveles de 1990.

Por otro lado, podemos encontrar dos desafíos: el primero es un problema de infraestructuras con respecto a Europa occidental y oriental, porque los nuevos miembros europeos tienen alrededor de 4 800 km de autopistas. El otro desafío es la globalización, que ha hecho aumentar la competencia entre los mercados.

Transporte por ferrocarril: Tradicionalmente, en Europa, el sistema ferroviario de cada país es un sistema interno sin interoperabilidad con el resto de los países, por ejemplo, el ancho

de vía en España por cuestiones estratégicas militares ha sido un ancho diferente al de otros países, lo que dificulta la interoperabilidad con Europa .

En el año 1991, se acuerda en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas la directiva del consejo sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, para garantizar la independencia de las empresas ferroviarias, con los criterios para las licencias para poder operar. En septiembre del 2001, la Comisión Europea adopta el libro blanco sobre el transporte, donde se recogen las políticas comunes del transporte.

El libro blanco propone proyectos prioritarios de ferrocarril de alta velocidad en Europa, garantizando la permeabilidad de los Pirineos y mejorando los enlaces fronterizos. Las medidas para la interoperabilidad del ferrocarril en Europa tuvieron la apertura del primer paquete ferroviario en el 2003, que constituía más de 50 000 kilómetros de vías y cuya apertura se aplazó durante 5 años. El transporte de mercancías en la Unión Europea cayó un 2 % en 2008, un 18 % en el 2009 y hubo un crecimiento económico del 8 % en el año 2010 (European Commission, 2011).

Transporte marítimo: El mayor tráfico comercial en el mundo se se lleva a cabo en el mar. El tráfico portuario es una actividad multifuncional y polivalente; es un centro logístico, una zona comercial y un punto de conexión intermodal, una gran industria que cuenta con innumerables recursos y servicios y donde el impacto directo e indirecto en la economía de un país es muy fuerte (Grandío, 2005).

En el año 2012, el sector del transporte marítimo seguía registrando unos fletes bajos y volátiles. Todo ello, sumado a unos precios de los combustibles altos que afectaban a la productividad de las navieras. Pese a que la crisis económica afectó a este sector se estima que, en el año 2011, el tráfico de contenedores con respecto al 2010 había crecido el 7,3 %, creciendo, en menor medida, en 2012, en 3,8 % y, en el 2013, un 4,8 %. Se estima que las actividades relacionadas con el comercio marítimo dan trabajo a 1,5 millones de personas y corresponden al 1,65 % del PIB de Europa según un estudio de Umwelt bundesamt (UNCTAD, 2013-2014).

Los principales desafíos a los que se enfrentan las navieras son los mismos que en cualquiera de los subsectores del transporte. El combustible es uno de sus mayores costes y su sensibilidad a los precios internacionales del petróleo es bastante fuerte. La inestabilidad política en países

productores de petróleo en el año 2003 ha hecho que los precios hayan tenido un crecimiento exponencial, alcanzando en el 2008 su máximo histórico en 146 \$ el barril de crudo. El petróleo ha tenido varias caídas en el precio y las fluctuaciones de esta materia prima son bastante inestables. En enero del 2015, el precio del barril de crudo es menor a \$50, un gran alivio para el sector del transporte, dada la fuerte dependencia de esta materia prima. Mientras que la demanda de crudo de Asia sigue creciendo, Europa compensa la menor producción de petróleo en el mar del norte con las importaciones de crudo de Libia (Danish Ship Finance *et al.* 2013).

Sin embargo, no son los únicos problemas que tiene Europa, pues, por otro lado, intenta aliviar la contaminación del aire con barcos de diseños modernos que aumentan su velocidad a la vez que son respetuosos con el medio ambiente, reduciendo la dependencia del petróleo.

En el año 2012, el 92 % de los buques construidos fueron fabricados en China, Corea y Japón, siendo el primero el constructor más importante, con más del 40 % de la construcción, con una cuota de mercado igual a la europea, que es aproximadamente del 15 % (UNCTAD, 2013).

Por otro lado, hay diferentes trabajos que analizan la eficiencia técnica en cualquiera de los sectores de transporte, pero en este trabajo se ha querido ampliar la extensión a Europa y analizar los cuatro subsectores del transporte, dada la importación de este como base para los negocios y la administración.

3.2. Revisión de la literatura

La eficiencia técnica en una empresa se da cuando esta puede producir más de un producto sin renunciar a otro, es decir, cada unidad de producto es eficiente cuando puede producir más de lo que consume. En sí misma, la eficiencia técnica es la máxima utilización de los recursos disponibles para una compañía (Koopmans, 1951; LeBel y Stuart, 1998).

Debreu (1951) es el primer autor en construir una función de producción empírica de la eficiencia que, al usar los datos observados, mide la utilización de los recursos. Debreu mide la eficiencia por un coeficiente de utilización de recursos, el cual depende de los datos de preferencias individuales.

En el campo de la eficiencia, los modelos pioneros son los modelos de Solow (1957) y Debreu (1951), los cuales tienen diferentes restricciones: por un lado, el modelo de Solow es un modelo macroeconómico que asume el caso de la competencia perfecta; por el otro, el de Debreu es un modelo microeconómico que asume cualquier cambio técnico (Santín, 2003; Ten Raa, 2004).

El coeficiente de Debreu mide la ineficiencia técnica y asignativa en la producción y el consumo de recursos en la economía con tres variables fundamentales: recursos, tecnologías y preferencias. En el modelo de Debreu, los precios son una variable implícita, a diferencia del modelo de Farrell (1957), que omite la variable precio y en el que se definen dos conceptos de eficiencia: eficiencia técnica y precio de eficiencia (Ten Raa, 2003).

Farrell (1957) basó su investigación en el modelo de Debreu y definió un modelo alternativo, separando la eficiencia técnica y de asignación de recursos. Dicho modelo toma como referencia el coeficiente de los recursos de Debreu (1951) y construye un modelo más global con un alcance mayor, que desde el punto de vista de la eficiencia técnica y asignativa presentaría un avance en futuras investigaciones.

El nivel de eficiencia se expresa como:

$$0 \geq ET = \frac{q_y^1}{q_y^2} \geq 0 \quad (3.1)$$

El concepto de eficiencia de Farrell viene cuando deriva el nivel óptimo de producción dado por la función y^1 , que junto con el *input* observado y^2 y el precio dado por *input* de q (Santín, 2003).

Farrell (1957) comparó la eficiencia de los resultados óptimos observados con los *outputs* óptimos. Esta función representa las relaciones técnicas de producción y, a través de la misma, es posible estimar el output máximo que puede ser obtenido mediante una combinación de los inputs. Las unidades eficientes se situarán en la frontera, mientras que las ineficientes, por debajo. Sin embargo, la ineficiencia será distinta dependiendo si nos encontramos en economías de escala o en “deseconomías” de escala (Iraizoz *et al.*, 1996).

Podemos abordar varios métodos, pero el más común es el modelo de Greene (1980), donde

para la función de producción queda definida como $\ln y = \ln a + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 - e$. Los logaritmos son usados para linealizar la función y facilitar su posterior interpretación.

El modelo propuesto por Green (1980) produce estimaciones consistentes en los parámetros de la pendiente, a través de los mínimos cuadrados corregidos, los cuales son tenidos en cuenta en la técnica, que utiliza un modelo de regresión lineal y hace que el estimador sea insesgado de varianza mínima, siendo este método el de mayor verosimilitud. El término constante se corrige añadiendo el residuo positivo para obtener un estimador consistente (Iraizoz *et al.*, 1996).

Este tipo de fronteras tiene su origen en la búsqueda del límite de las fronteras y la compleción del modelo de Debrau (1951) y Farrell (1957). Este nuevo enfoque toma la relación de los inputs y los outputs y diferencia la ineficiencia de otras fuentes de perturbación, es decir, haciendo una disección del error (por una parte, el error normal tradicional con media cero y varianza constante y, por otra parte, la ineficiencia técnica).

El modelo de frontera estocástica original fue propuesto por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y, en este, la función de producción especificada en los datos contenía un término de error con dos componentes por separado: la ineficiencia técnica y el error aleatorio (ruido blanco). Por una parte, la ineficiencia técnica se mide por los datos observados y a través del valor óptimo. En este caso, estos comportamientos pueden ser medidos porque estas unidades pueden ser observadas, variando la calidad de los datos, pudiendo ser estos endógenos o exógenos. Y por otra, el error aleatorio presenta consecuencias que afectan a la producción, pero no son observables, por ejemplo, el cambio en el climático, es decir, factores que no podemos controlar.

El primer modelo propuesto por Aigner y Chu (1968) sugiere la estimación de β mediante programación matemática, minimizando $\sum_{i=1}^N |y_i - f(x_i; \beta)|$ $i = 1, \dots, N$ sujeto a $y_i \geq f(x_i; \beta)$, pero Schmidt (1976) agrega una variable de perturbación al modelo, $y_i = f(x_i; \beta) + e_i$, $i = 1, \dots, N$ donde $e_i \geq 0$. Este modelo ha ido mejorando con las contribuciones de Aigner, Amemiya y Poirer (1976), el error se descompone en $e_i = v_i - u(i)$, el error v_i representa la alteración simétrica de v_i ; esta perturbación se distribuye con $N(0, \sigma_v^2)$. La distribución de u_i se distribuye, independientemente, a v_i y satisface ese $e_i \geq 0$. Entonces la eficiencia técnica

propuesta por Aigner *et al.* (1977) se puede denotar en la siguiente expresión:

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \frac{Y_{it}}{f(x_{it}, \beta(v_{it}))} \quad (3.2)$$

En (3.2), $f(x_i, \beta) \exp(v_i)$ es el análisis estocástico de frontera de la producción. No obstante, otros autores han continuado trabajando con el modelo de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y esto ha seguido evolucionando.

En este artículo, nos basaremos en el desarrollo de la frontera estocástica propuesto por Battese y Coelli (1995). Su trabajo permite la estimación técnica en el enfoque de frontera estocástica y la ineficiencia técnica con variabilidad temporal. En esta investigación, utilizaremos un panel de datos, ya que podemos examinar el efecto del tiempo, lo que nos dará mejores resultados empíricos. Para el cálculo de la eficiencia, utilizamos dos ecuaciones: una para el modelo y otra para los determinantes que afectan la eficiencia, luego calculamos el modelo en dos etapas. La primera ecuación se basa en el modelo de Aigner *et al.* (1977) donde:

$$Y_i = f(x_i, \beta) + e_i \quad (3.3)$$

En (3.3), Y_i es la producción (valor agregado) de la empresa y x_i es un vector ($k \times 1$) del *output* de la empresa, siendo β un parámetro desconocido. El error se desglosa en dos partes: $e_i = v_i - u_i$, donde v_{it} son variables aleatorias del modelo con $N(0, \sigma_v^2)$ y u_{it} son variables no negativas con $N(0, \sigma_v^2)$ truncadas con distribución normal. U_{it} recoge el efecto de la ineficiencia técnica en el modelo de frontera estocástica, que se define mediante la segunda ecuación $U_{it} = Z_{it}\delta + w_{it}$, donde w_{it} se define con un truncamiento de la normal con media cero y varianza en el punto de truncamiento $w_{it} \notin -z_{it}\delta$.

En la expresión $z_i\delta$, Z_i es un vector ($1 \times m$) que explica las variables asociadas con la ineficiencia técnica de las empresas del sector del transporte que producen en ese momento, mientras que δ es un vector ($m \times 1$) para los parámetros desconocidos. La eficiencia técnica se puede definir mediante la ecuación:

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-Z_{it}\delta - W_{it})$$

El término TE_i (eficiencia técnica) corresponde a U_i , una perturbación aleatoria entre 0 y 1. Y v_i es un parámetro sin restricciones. En el modelo se implementará la transformación logarítmica para linealizar la ecuación y reducir el error estándar, expresado como:

$$\ln Y_{it} = \ln(\beta) + (V_{it} - U_{it})$$

Este modelo usa la parametrización de Battese y Corra (1977), que reemplaza σ_v^2 y σ_u^2 con $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \sigma_v^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$. Esto se emplea para calcular la estimación de máxima verosimilitud. El parámetro γ debe estar en el rango de 0 a 1, el cual puede proporcionar un buen valor *input* para maximizar el algoritmo iterativo, propuesto por Davidon-Fletcher-Powell (DFP). Cuando $\gamma = 1$ es un indicador de que todas las desviaciones se deben a la ineficiencia técnica.

El cálculo de la eficiencia se realizará en dos etapas, de esta forma, utilizando el método de máxima verosimilitud, la segunda ecuación corregirá la endogeneidad del modelo usando una variable instrumental. Para dicha estimación usamos el paquete R-Frontier de Coelli y Henningsen (2013).

3.3. Selección de datos

Esta investigación mide la eficiencia del sector del transporte en Europa y el período de tiempo de datos anual es de 2004 a 2013. En este trabajo, se ha utilizado la base de datos Amadeus, que es comercializada por Bureau van Dijk, de donde hemos extraído los datos, que posteriormente se han transformado en datos de panel no balanceados.

Las actividades que hemos incluido en cada uno de los subsectores del estudio son: aéreo (pasajeros y carga de mercancías), ferrocarril (pasajeros y carga de mercancías), marítimo (marítimo y de pasajeros, transporte costero, pasajeros interiores, mercancías por río), carretera (transporte urbano y suburbano, otro tipo de transporte, mercancías por carretera, servicios de mudanza). Como en la mayoría de los sectores, algunas empresas se hacen cargo de gran parte del mercado. Este estudio ha buscado analizar la empresa representativa. Con este fin, el número de observaciones por sector son: transporte aéreo (143), transporte marítimo (155),

transporte por carretera (202) y ferrocarril (100). El número promedio de observaciones para el sector del transporte es de 150 empresas.

En este estudio se aceptó que los principios de contabilidad eran los mismos y las valoraciones de los activos, similares, ya que es imposible determinar si la metodología de valoración de activos es la misma.

Los datos de los *inputs* están compuestos por el valor agregado (Y) y podemos dividirlos en tres categorías: trabajo (L), la aproximación es a través del coste de la mano de obra; el capital (K) se calcula como los activos fijos tangibles menos la amortización y la depreciación y consumos intermedios (IC), que es el coste de los materiales.

Los datos se han deflactado utilizando el deflactor implícito del Banco Mundial de los países, las series se han tomado en unidades monetarias actuales y el índice del Banco Mundial se ha aplicado para convertir las series en unidades monetarias constantes, tomando como año base 2004. Esto se ha hecho para extraer el efecto de los precios a lo largo de los años en las variables.

3.4. Descripción de datos y modelo

El modelo de eficiencia se estima utilizando la metodología propuesta por Coelli *et al.* (1995), que fue detallado antes. Aquí proporcionamos un modelo que captura la heterogeneidad de las empresas. Los modelos de eficiencia se han utilizado tradicionalmente para medir el comportamiento de la industria y poder seguir estrategias de política para aumentar la productividad. Estos modelos nos permiten tomar decisiones más precisas, dado que podemos estudiar a fondo las causas de la ineficiencia.

Para estimar la función de producción por fronteras estocásticas, tomamos como punto de partida la especificación de translogarítmica (en lo sucesivo, translog), una extensión más flexible de la función Cobb-Douglas, por lo que no requiere una elasticidad de sustitución constante y unitaria. Por lo tanto, la función translog puede verse como una combinación de la Cobb-Douglas y la cuadrática. Para verificar si la función de producción de Cobb-Douglas es rechazada a favor de la función de producción translog, aplicaremos una prueba de razón de

verosimilitud. La función de producción translogarítmica se ha ajustado al análisis de frontera estocástica. Usando la anotación de Battese y Coelli (1995), la ecuación de la ineficiencia se resume mejor mediante la ecuación:

$$\begin{aligned}
 \log Y_{it}(x_{it}, y_{it}, t) = & \alpha_{it} + \sum_k \alpha_k \log(x_{kit}) + \sum_l \beta_l \log(y_{lit}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \alpha_{kj} \log(x_{kit}) \log(x_{jit}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_l \sum_h \beta_{lh} \log(y_{lit}) \log(y_{hit}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \xi_{kl} \log(x_{kit}) \log(y_{lit}) \\
 & + \eta_1 t + \eta_2 t^2 + v_{it} - u_{it}
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

$$v_{it} \sim N(0, \tau), \alpha_{it} \sim N(0, \omega)$$

$$t = 1, \dots, T, i = 1, \dots, n.$$

Aquí, T indica el año para la empresa i , $\log$ denota el logaritmo natural, Y es el valor de la variable dependiente donde la aproximación económica es el valor agregado, x_{it} es $(K \times 1)$, vector de variables explicativas donde las variables económicas son insumos labor (L), capital (K) y consumos intermedios (IC), vector β a $(K \times 1)$ de parámetros desconocidos a estimar, v_{it} el error de medición o ruido blanco, u_{it} es el componente de ineficiencia que asume consistencia y error autocorrelacionado. Las variables t y t^2 se han agregado para medir el progreso técnico en el sentido neutral de Hicks. En presencia del progreso tecnológico, la función de producción debería avanzar a medida que pasa el tiempo (Krugman *et al.*, 1999). En la tabla 3.1, se presentan las estadísticas descriptivas, donde podemos ver las diferencias entre las empresas más grandes y las más pequeñas.

Además, el modelo de Battese y Coelli (1995) contempla la ecuación de ineficiencia donde v_{it} y u_i son independientes de x_{it} , z_{it} , δ es un vector $(L \times 1)$ de las variables de la ineficiencia. Mediante los supuestos expuestos anteriormente se definen las funciones paramétricas de los distintos subsectores para analizar los determinantes de la ineficiencia.

Tabla 3.1: Estadísticas descriptivas

Variable	Mean	Min.	Max.
Air			
Y_{it}	203,161.900	178.953	9,583,192.000
L_{it}	2,302.516	1.00	117,642.000
K_{it}	315,966.400	0.245	15,444,477.000
IC_{it}	212,878.000	0.437	10,362,771.000
Rail-Road			
Y_{it}	189,356.800	18.076	6,927,976.000
L_{it}	4,018.371	1.000	69,771.000
K_{it}	694,928.400	0.511	49,763,267.000
IC_{it}	52,203.650	0.069	1,735,654.000
Maritime			
Y_{it}	84,527.430	199.231	2,636,960.000
L_{it}	1,445.642	2.000	82,752.000
K_{it}	337,843.000	0.018	23,986,007.000
IC_{it}	192,938.900	1.360	14,444,660.000
Road transport			
Y_{it}	149,672.200	372.911	3,646,819.000
L_{it}	3,652.733	1.000	135,807.000
K_{it}	421,671.400	65.453	25,949,115.000
IC_{it}	171,583.400	1.022	6,816,141.000

Y donde W_{it} son los determinantes de la ineficiencia. Estas variables se consideran en el cálculo de los determinantes en la eficiencia técnica, que necesitan una descripción más detallada:

- ▷ **Rendimiento de equidad (Equity Performance)**: Esta relación mide la inversión de fondos y la generación de ingresos que tiene la empresa. Utiliza el valor de los ingresos entre el capital y las reservas.
- ▷ **Rendimiento laboral (Labour Qualification)**: Esta variable se mide como el coste promedio de la empresa.
- ▷ **Rendimiento logístico (Logistic Performance)**: El índice de rotación de activos es un reflejo de cómo es la gestión de los inventarios en el negocio y se calcula como el coste de los bienes vendidos entre el promedio del inventario.
- ▷ **Desempeño operacional (Operational Performance)**: Esta relación indica que, por

cada unidad marginal, la compañía produce más beneficios por operaciones. Se calcula tomando los ingresos EBITDA¹ de las operaciones.

- ▷ **Rendimiento financiero (Financial Performance):** El coeficiente de liquidez mide la capacidad de la empresa para convertir fácilmente sus activos en dinero efectivo. Se obtiene al agregar la liquidez disponible más clientes más acciones entre las obligaciones actuales.

3.5. Resultados

En la tabla, 3.2 representa el modelo de ineficiencia de la ecuación (3.4). La variable *time* representa el cambio tecnológico neutral de Hicks. Para el contraste de hipótesis se ha usado el test de ratio de verosimilitud. Es importante que estén presentes en el modelo los efectos de ineficiencia técnica, ya que este modelo solo puede ser estimado si los efectos de la ineficiencia son estocásticos.

$$LR = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)]$$

Donde $\ln L(H_0) - \ln L(H_1)$ son los valores de la probabilidad logarítmica bajo la hipótesis H_0 y H_1 . La prueba LR es una distribución chi-cuadrada con sus grados de libertad, que viene dada por su número de restricciones. La hipótesis nula es el modelo estándar por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y la hipótesis alternativa es el modelo de Battese y Coelli (1995). En la tabla 3.2, rechazamos la hipótesis nula porque no es significativa, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, por lo que podemos suponer una distribución independiente con variables aleatorias no negativas.

Los parámetros de primer orden en la tabla 3.2 se pueden identificar como elasticidades de producción evaluadas de la muestra, ya que todos los datos se corrigieron por media geométrica antes de la estimación del modelo. Los signos de los coeficientes de la frontera estocástica de producción son los esperados, siendo altamente significativos, con la excepción de los

¹El EBITDA se calcula sobre la base del resultado operativo y agrega provisiones más depreciación productiva.

Tabla 3.2: Estimación SFA por MLE (2004-2013)

Variables	Air Coeff	Air Std.Error	Road Coeff	Road Std.Erro	Rail Coeff	Rail Std.Error	Maritime Coeff	Maritime Std.Error
<i>Constant</i>	9,6779	0,1300 ***	10,8670	0,0080 ***	8,4260	0,1414 ***	9,1244	0,0968 ***
<i>Capital</i>	0,1532	0,0215 ***	0,1540	0,0151 ***	0,2184	0,0213 ***	0,2526	0,0203 ***
<i>IC</i>	0,0835	0,0200 ***	0,0253	0,0101 *	0,1965	0,0201 ***	0,2268	0,02946 ***
<i>Labour</i>	0,5038	0,0398 ***	0,7219	0,0166 ***	0,2566	0,0294 ***	0,5441	0,0241 ***
<i>Capital</i> ²	0,0326	0,0091 ***	0,0664	0,0041 ***	0,0514	0,0064 ***	0,0550	0,0056 ***
<i>IC</i> ²	0,0353	0,0070 ***	0,0032	0,0033	0,0273	0,0057 ***	0,0550	0,0139 ***
<i>Labour</i> ²	0,0284	0,0192	0,0859	0,0079 ***	-0,0354	0,0076 ***	0,0812	0,0092 ***
<i>L * C</i>	-0,0199	0,0220	-0,1431	0,0100 ***	-0,0084	0,0117	-0,1070	0,0077 ***
<i>L * IC</i>	-0,0342	0,01489 *	-0,0273	0,0040 ***	0,0430	0,0151 **	-0,0096	0,0155
<i>Cl * IC</i>	0,0057	0,0087	0,0455	0,0053 ***	-0,0293	0,0085 ***	-0,0252	0,0105 *
<i>Time</i>	0,2316	0,0348 ***	0,1279	0,0191 ***	0,3142	0,0450 ***	0,2370	0,0388 ***
<i>Time</i> ²	-0,0142	0,0031 ***	-0,1771	0,00174 ***	-0,0189	0,0039 ***	-0,0150	0,0034 ***
<i>EP</i>	-0,1043	0,0233 ***	-0,0630	0,0095 ***	-0,1307	0,0519 *	-0,2655	0,0215 ***
<i>LQ</i>	-0,6364	0,0634 ***	-0,6386	0,0165 ***	-0,6720	0,1232 ***	-0,3735	0,0305 ***
<i>LP</i>	-0,06856	0,03107 *	-0,0227	0,0048 ***				
<i>OP</i>				-0,3890	0,0911 ***	-0,3353	0,0266***	
<i>FP</i>				-0,1812	0,1009 .			
$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_\mu^2$	0,1719	0,0202 ***	0,0602	0,0028 ***	0,4830	0,0947 ***	0,1450	0,0103 ***
γ	0,5009	0,0835 ***	1,12e-08	6,16e-11 ***	0,5142	0,1324 ***	1,0003e-08	1,73e-09 ***
Log Likelihood	-156,551		- 6,196548		-392,0151		-124,7708	

Nota: EP= Equity performance, LP= Labour Qualification, LP=Logistic Performance, OP= Operational Performance, FP=Financial Performance. Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabla 3.3: Test del modelo

Test	Df	LogLik	Df	χ^2	Df	LogLik	Df	χ^2	Df	LogLik	Df	χ^2	Df	LogLik	Df	χ^2
OLS	13	-293,46			13	-256,211			13	-474,73			13	-185,03		
EEF	21	-156,55	8	273,82 ***	20	-6,197	7	500,03 ***	20	-392,02	7	165,02***	18	-124,77	5	120,53***

Nota: EEF= Efficiency Effect Frontier. Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

consumos intermedios en el sector de carretera donde el nivel de significación es menor. Los valores positivos de los coeficientes cruzados de las variables indican la existencia de cierta complementariedad entre los correspondientes factores productivos, mientras que un signo negativo en estos coeficientes nos indica sustituibilidad entre ellos.

Los rendimientos de escala para el período entre 2004 y 2013, para la industria del transporte aéreo (0,740), el transporte por carretera (0,901), el ferrocarril (0,671), disminuyeron, mientras que el transporte marítimo (1,023) mantuvo un rendimiento creciente. En el caso de la eficiencia media: transporte aéreo (0,644), transporte por carretera (0,725), transporte por ferrocarril (0,699) y transporte marítimo (0,731). En el apéndice, tenemos la evolución de la eficiencia año por año, para los subsectores del transporte.

Para los cuatro sectores, el coeficiente de *time* (año de observación) y *tiempo*² son significati-

Tabla 3.4: Eficiencia técnica media y rendimientos a escala

	Aéreo	Carretera	Ferrocarril	Marítimo
Value	0,644	0,725	0,699	0,731
Return to scale	0,740	0,901	0,671	1,023

vos, por lo tanto, podemos confirmar la presencia de progreso técnico en sentido neutral de Hicks en el sector del transporte.

En la tabla 3.2, se presenta el efecto de la gestión del desempeño en la eficiencia del sector del transporte; se usan los determinantes de la ineficiencia para analizar su impacto. Observamos el sentido de los signos porque el tamaño de los coeficientes del modelo TIE (δ) no puede interpretarse razonablemente.

Las variables Equity Performance (EP) y Labour Qualification (LQ) son negativas para todos los tipos de transporte, lo que significa que, a mayor nivel de cualificación laboral en las empresas, menor será su ineficiencia. De la misma manera, la variable Equity performance nos indica que la inversión de las empresas con el dinero de los accionistas es eficiente, por lo que se esta generando un beneficio.

La variable Logistic Performance (LP) es significativa para los subsectores de transporte aéreo y vial. Como se esperaba, cuanto mayor es el grado de gestión logística, menos ineficientes son las empresas de transporte aéreo y por carretera. Este resultado está de acuerdo con Fernández *et al.* (2014), que encuentran que las empresas de transporte de mercancías por carretera que utilizan plataformas de logística de manera apropiada son más eficientes.

El Operational Performance (OP) es negativo, tanto para los subsectores del ferrocarril como del marítimo. El margen de EBITDA es un indicador del desempeño operacional de la compañía. Las empresas ferroviarias y marítimas podrían mejorar los niveles de eficiencia al aumentar su gestión operativa.

La variable Financial Performance (FP) es negativa para el sector ferroviario. El comportamiento de esta variable podría asociarse con la gestión del lado financiero de la empresa. La industria del ferrocarril podría favorecer su eficiencia mejorando su gestión financiera.

Asimismo, se puede observar que el parámetro γ tiene diferentes valores según el sector, por

lo que establecemos la siguiente hipótesis:

$$H_0 : \gamma = 0$$

Si este parámetro es 0, deberíamos usar una especificación determinista, pero como no lo es, la hipótesis nula es rechazada y se acepta que el modelo se ajusta a una especificación estocástica.

3.6. Conclusiones

Este estudio estima la eficiencia de las empresas en los cuatro subsectores relacionados con la industria del transporte europeo. La aplicación empírica utilizó datos contables de 600 empresas de transporte durante el período de 2004 a 2013. Nuestro trabajo contribuye a la literatura al estimar el impacto de la gestión empresarial en la eficiencia del sector del transporte. Además, a nuestro leal saber y entender, este estudio es el primero en estimar por separado la eficiencia de los cuatro subsectores europeos del transporte.

Esta investigación encontró como principal conclusión que el promedio de eficiencia técnica del sector de transporte europeo es de 0,69 en el período de 2004 a 2013, siendo el subsector marítimo el más eficiente en el tramo de tiempo estudiado. Una posible razón es que el sector marítimo se ha enfocado durante años en la construcción de barcos más grandes con el fin de reducir los costes de transporte. Esta estrategia se centra en los precios cada vez más altos del petróleo. La incorporación de grandes países comerciales, como China, llevó a las grandes navieras a enfrentar este rápido crecimiento, lo que llevó al aumento del comercio internacional. Cuando la crisis financiera golpeó a Europa, este sector estaba más preparado; las estrategias que siguieron hace años para aumentar la capacidad de sus barcos lo convirtió en uno de los transportes más rentables al reducir el coste unitario.

Otros sectores, como el transporte por carretera, los ferrocarriles y el sector de la aviación, han sufrido una gran crisis, lo que los ha llevado a reestructurar la industria.

Los resultados destacan que el estudio de los factores que afectan a la eficiencia técnica en el sector del transporte debe analizarse según las variables de gestión. Identificamos varios

factores de gestión que afectan el cambio de eficiencia: en primer lugar, descubrimos que la inversión con fondos propios y aumentar la cualificación laboral influyen positivamente en los niveles de eficiencia del transporte; en segundo lugar, en el caso del ferrocarril y los subsectores marítimos, la gestión operativa debería ser una forma de mejorar los niveles de eficiencia y, en tercer lugar, un aumento en el nivel de liquidez tendrá un impacto positivo en la eficiencia de las compañías ferroviarias.

Estos resultados son significativos para los legisladores y los gerentes de las empresas. La primera recomendación, para las cuatro industrias del transporte, es aumentar la especialización laboral para lograr la eficiencia. La segunda, mejorar la gestión del proceso logístico en los subsectores de transporte aéreo y por carretera. Las compañías aéreas y de carreteras tendrían que tomar nota del nuevo modelo comercial, donde una distribución *Just-in-time* mejora la rotación del inventario y reduce los costes de almacenamiento, así como el deterioro del material. Y, por último, la tercera es que las empresas de ferrocarril mejoren su eficiencia optimizando sus niveles de solvencia dando flujo líquido a su tesorería.

El método propuesto puede ayudar a los tomadores de decisiones a discutir diferentes políticas y analizar las fluctuaciones del mercado. Singularmente, los tomadores de decisiones públicas deben comprender el comportamiento del mercado aplicando diferentes estrategias de decisión, tales como la expansión de autopistas, líneas ferroviarias y la inversión en puertos, etc. Además, es importante implementar políticas que favorezcan su desarrollo, como políticas de subvención al combustible. Por otra parte, es importante mejorar la planificación para reducir la congestión del tráfico y la contaminación. El impacto de estas investigaciones apunta a generar una fuente de datos confiable que ayude a desarrollar e implementar modelos más precisos.

Bibliografía

- [1] AIGNER, D. J.; AMEMIYA, T.; POIRIER, D. J.(1976), " *On the estimation of production frontiers: maximum likelihood estimation of the parameters of a discontinuous density function.*",International Economic Review, 377-396.
- [2] AIGNER, D. J.; CHU, S. F. (1968), " *On estimating the industry production function.* ",The American Economic Review 58(4):826-839.
- [3] AIGNER, D.;LOVELL, C.; SCHMIDT, P.(1977), " *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*", Journal of Econometrics 6(1): 21-37.
- [4] ÁLVAREZ, A.(2001), " *La medición de la eficiencia y la productividad.* ",Ed. Pirámide. Madrid.
- [5] BAUERLE, T.; KULESSA, M.; GRAICHEN, J. ; OSCHINSKI, M. (2010), " *Integration of marine transport into the European emissions trading system.* ",Federal Environment agency, Umwelt Bundesamt.
- [6] BATTESE, G.E.; COELLI, T.J. (1992), " *Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India.* ",Springer.
- [7] BATTESE, G.E.; COELLI, T. J. (1995), " *A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data* ",A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data
- [8] CHEBIL, A.; LASSAAD, L.;. DHEHIBI, B. (2004), " *A panel data approach to the measurement of technical efficiency and its determinants: some evidence from the tunisian agro-food industry* ",Agricultural Economics Review 5(1).

- [9] CLAVER, E.; LLOPIS, J.; GARCIA, D.; MOLINA, H. (1998), "*Organizational culture for innovation and new technological behavior*", *The Journal of High Technology Management Research* 9(1):55-68.
- [10] DANISH SHIP FINANCE(2013), "*Annual Report*", Danish ship finance.
- [11] DEBREU, G. (1951), "*The coefficient of resource utilization*", *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 273-292.
- [12] EUROCONTROL(2008), "*EUROCONTROL*", Annual Report 2008.
- [13] EUROPEAN COMMISSION.(2015), "*Mobility and transport*."
- [14] EUROPEAN COMMISSION.(2011), "*Road Freight Transport*", *Vademecum 2010 Report*.
- [15] EUROPEAN COMMISSION AND EUROCONTROL(2008), "*The future of flying*", European Commission.
- [16] FARRELL, M.J. (1957), "*The Measurement of Productive Efficiency*", *The Royal Statistical Society Stable* 120(3):253-290.
- [17] FERNÁNDEZ, XL.; COTO-MILLÁN, P.; CASARES HONTAÑÓN, P.; CASTANEDO, J.; PESQUERA, MA. (2014), "*Logistic platforms and efficiency of road haulage in Europe (2004-2012)*"., *Revista de economía mundial* 38(1):127-144.
- [18] GRANDÍO, D.A.(2005), "*Ordenación de los espacios litorales en galicia*", Instituto universitario de estudios marítimos.
- [19] GREENE, W. (1980), "*Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions*", *Journal of Econometrics* 13(1):27-56.
- [20] HENNINGSEN, A.; COELLI, T., (2015), "*Package frontier, R statistics. Version 1.1-0*"
- [21] HOLLINGSWORTH, B.; DAWSON, P.J; MANIADAKIS, N. (1999), "*Efficiency measurement of health care: a review of non-parametric methods and applications*", *Health care management science* 2(3):161-72.

- [22] IRAIZOZ, B.; RAPÚN, M. (1996), "*Eficiencia técnica de la industria agroalimentaria de Navarra*", *Revista española de economía agraria* 178:115-135.
- [23] KRUGMAN, P.R. (2000), "*Technology, trade and factor prices*", *Journal of International Economics* 50(1): 51-71.
- [24] KUMBHAKAR, S.C.; LOVELL, C.K. (2003), "*Stochastic frontier analysis*", Cambridge University Press.
- [25] LEBEL, L.G.; STUART, W.B. (1998), "*Technical efficiency evaluation of logging contractors using a nonparametric model*", *Journal of forest engineering* 9(2): 15-24.
- [26] MAO, J.; LIU, N. (2010), "*Empirical analysis on technology innovation efficiency of Chinese high technology industry based on DEA method*", *Proceedings - 3rd International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2010*, pp. 626-630.
- [27] MEMO TRANSPORTE. (2011), "*MEMO Transporte 2050: principales desafíos y medidas clave.*", European Commission.
- [28] SANTÍN, D. (2003), "*Eficiencia técnica y redes neuronales: un modelos para el cálculo del valor añadido en educación.*", Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Complutense de Madrid.
- [29] SOLOW, R. M. (1957), "*Technical change and the aggregate production function.*", *The review of Economics and Statistics*, 312-320.
- [30] SYED A.A.N.; MUHAMMAD, A. (2013), "*The hybrid maize production in district chiniot: a cobb- Douglas model approach.*", *Institute of Agricultural and Resource Economics, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan*. 4(10):536-540.
- [31] TEN RAA, T. (2003), "*Debreu's Coefficient of Resource Utilization, the Solow Residual and TPF*", *The Connection by Leontief Preferences* (No. 2003-111).
- [32] THE BOSTON CONSULTING GROUP(2012), "*The internet Economy in the G-20*", The Boston Consulting Group.

-
- [33] UNCTAD(2013), "*El transporte marítimo*", Ginebra, Suiza: UNCTAD.
- [34] UNION EUROPEA(1991), "*Directiva del consejo Europeo del 29 de Julio del 1991*", European Commission.
- [35] VON DE STEINEN E.; JOERSS, I.; LEON, P.M.D. (2009), "*Study on Consumer Protection against Aviation Bankruptcy*", Directorate-general energy and transport European Commission.

Capítulo 4

Eficiencia dinámica de las empresas textiles en España: enfoque bayesiano

4.1. Introduction

En la microeconomía, la teoría de la producción asume que el productor optimiza eligiendo la mejor combinación factores-producto. El agente busca maximizar su función de beneficios, dadas unas restricciones tecnológicas, por lo que el productor terminará buscando la tecnología que le genere unos costes menores.

Los modelos “frontera” en el análisis de la productividad y medida de la eficiencia nos dan una simple descripción de la realidad, estos son una potencial herramienta para la toma de una decisión. Ciertamente es que no pueden describir los comportamientos y decisiones de los productores ni abarcar todas las variables que influyen en la productividad, dada la complejidad del comportamiento del agente, pero, basándonos en una extensa literatura, podemos definir un modelo que se ajuste más a la realidad de los mercados. Las primeras definiciones de eficiencia técnica aparecieron en los años cincuenta por Debreu (1951) y Koopmans (1951), los cuales definían la eficiencia técnica como el aprovechamiento máximo de los recursos de los que dispone una empresa. Los trabajos teóricos de ambos describían las economías con múltiples *inputs* y *outputs*.

El primer estudio aplicado de medida de la eficiencia fue propuesto por Farrell (1957) y se deriva del trabajo de Debreu (1951), definiendo un modelo alternativo en el cual se descompone la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa. Estos trabajos formaron las primeras bases del marco teórico de las medidas de la eficiencia que más tarde se separarían en dos grandes caminos: métodos paramétricos y métodos no paramétricos.

En los modelos de estimación no paramétrica tenemos los métodos de análisis envolvente de datos, o en sus siglas en inglés: DEA. El método fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rodhes (1978) y se trata de una aplicación para múltiples outputs, con rendimientos constantes a escala y convexa. Más tarde, Banker, Charnes y Copper (1984) eliminan los rendimientos constantes a escala, creando un modelo con mayor flexibilidad a la nube de puntos. Se pueden catalogar los métodos DEA en dos grupos: una, en el campo de los *output* y la otra, en la de los *inputs*.

El método de estimación paramétrico para una función de producción-coste-beneficio más importante en el uso de fronteras estocásticas para el análisis de la productividad comenzó con Meeusen y Van den Broeck (1977), además de Aigner, Lovell and Schmidt (1977), que definieron el modelo estocástico¹ con un componente de error que se descompone en dos partes: por un lado, el error v_i , que refleja los shocks exógenos y, por otro, una variable aleatoria no negativa u_i , que captura la ineficiencia técnica.

La literatura sobre fronteras estocásticas de inferencia bayesiana fue principalmente propuesta por Van den Broeck *et al.* (1994). En dicha investigación, el autor comenta las ventajas de la inferencia bayesiana, como la posibilidad de calcular la inferencia exacta de eficiencias en muestras pequeñas. Otra de las ventajas es la fácil incorporación de restricciones basadas en la teoría económica. Koop, Steel y Osiewalski (1995) profundizaron en las implementaciones del muestreo de Gibbs y en técnicas para el análisis de la convergencia en los modelos frontera.

Los desarrollos de los modelos avanzan con Fernández, Koop, y Steel (2000), los cuales estiman herramientas para la inferencia bayesiana con una función de producción *multioutput*, aplicando un enfoque no estocástico con una función distancia. El algoritmo usado es la cadena de Markov Monte Carlo (MCMC). Pillai y Gelman (2015) proponen un modelo en presencia

¹En un borde del modelo de producción se puede definir en forma de matriz como $y_i = x_i' \beta + v_i - u_i$, $i = 1, 2, \dots, N$

de pesos de probabilidad inversa, incluyendo predictores no paramétricos de regresión de proceso Gauss.

La eficiencia en el contexto dinámico es algo bastante innovador y más cuando la técnica se realiza mediante inferencia bayesiana. La mayoría de los modelos de eficiencia de frontera consideran que la toma de decisiones es algo estático, cuando realmente lo que prevalece como inherente al agente es la intertemporalidad en la toma de las decisiones. La escasa literatura en este contexto se debe a que, en los modelos dinámicos, existe una infinidad de decisiones que se pueden considerar lo contrario de los modelos estáticos, donde sabemos cómo se va a comportar la producción. Mediante datos observables y parámetros de persistencia desconocida podremos saber cómo será el ajuste de nuestro modelo al óptimo.

4.2. Revisión de la literatura

El sector textil siempre ha sido campo de interés, pues es uno de los sectores que sufrió una de las grandes transformaciones en la primera Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII y principios del siglo XIX, en la que una serie de situaciones socioeconómicas y tecnológicas llevaron a la innovación, tanto de la clásica organización de trabajo, como de maquinaria que facilitarían las arduas tareas manuales.

La evolución de estas empresas pasó de los antiguos hilares a la máquinas de vapor, llegando a la maquinaria hidráulica, lo que cambió por completo el negocio textil. Los estudios con aplicaciones de eficiencia dinámica mediante inferencia bayesiana son muy escasos por lo que dividiremos la revisión de la misma en: estudios relacionados con la eficiencia textil y estudios en el contexto de eficiencia dinámica.

Para cubrir la importancia de este estudio, se consideran dichos estudios siguiendo un trasfondo directo en el uso de metodología de frontera que se enfoca en el sector textil, entre otros, en los estudios de Pitt y Lee (1981), Nuruzzaman (1989), Jaforullah (1999), Konget *et al.* (1999), Samad *et al.* (2003), Faria *et al.* (2005), Kneller *et al.* (2006), Margono *et al.* (2006), Bhandari *et al.* (2007), Serrano *et al.* (2009), Theriault *et al.* (2014), De Jorge-Moreno *et al.* (2015).

Pitt y Lee (1981) utilizan un modelo de frontera que es invariante en el tiempo para analizar

la eficiencia de las empresas en Indonesia. La media del sector fluctuaba entre 0,6 % y 0,7 %. En los últimos años, muchas de las empresas textiles españolas deslocalizaron parte de su industria a lugares como Bangladesh. En este contexto, Nuruzzaman (1989) estudió la producción privada y pública de la industria manufacturera en esta región analizando la antigüedad, la localización, el tamaño y la utilización de la capacidad productiva. Jaforullah (1999) también analizó la eficiencia de 64 regiones en Bangladesh, obteniendo una eficiencia media de 0,41 %. Kong *et al.* (1999) utilizaron el modelo de eficiencia técnica propuesto por Battese y Coelli (1995) para estimar la productividad de empresas textiles chinas en el periodo de 1990 a 1994, donde la eficiencia media era del 0,75 %.

Un estudio de Eurotex (2000) consideró variables como el valor añadido y el empleo, entre otras, llegando a la conclusión de que el país más importante en la Unión Europea es Italia con el 31 % del total de la industria textil en la UE, seguido de Reino Unido 15 %, Francia 13 % y, finalmente, España 9 %. Los países del sur de Europa como España contribuyen más a la producción de ropa, mientras que países del norte como Reino Unido y Alemania se centran más en la producción de textiles técnicos. Battese *et al.* (2001) estudiaron cinco regiones de Indonesia, usando una función translog en su estudio. Decidieron dividir la forma de estimación del modelo. Por un lado, estimaron la frontera de cada una de las cinco regiones por separado y, por otro, una frontera en común.

Samad *et al.* (2003) analizaron la industria textil de Bangladesh aplicando un modelo de frontera estocástico, obteniendo que la industria en el periodo entre 1988 y 1994 obtuvo una eficiencia media de 0,80 %. Otros estudios como el de Faria *et al.* (2005) y Kneller *et al.* (2006), en vez de analizar el sector textil, analizaron la industria manufacturera portuguesa y los países de la OECD respectivamente, incluyendo el sector textil como una variable en el análisis de la eficiencia. Margono *et al.* (2006) estudiaron la productividad de las empresas manufactureras de Indonesia en el periodo que abarca de 1993 a 2000, utilizando un modelo que es invariante en el tiempo y obteniendo una eficiencia media del sector de 0,47 %.

Por otra parte, Bhandari *et al.* (2007) realizaron un estudio en profundidad de la industria textil en la India y obtuvieron una eficiencia media de 0,76 %, pero el periodo de estudio es discontinuo, con periodos de 1985 a 1986 (0,73 %), de 1990 a 1991 (0,84 %), de 1996 a

1999 (0,72 %) y de 2001 a 2002 (0,80 %). Muchos de estos trabajos intentaron justificar el interés por analizar la eficiencia de la industria textil en el mundo, aunque, principalmente, el interés de estos estudios radique en el continente asiático, en sitios como Bangladesh, India o Indonesia, donde muchas de las empresas de países desarrollados localizaron sus fábricas dado el bajo coste salarial.

Coll Serrano *et al.* (2009) se interesaron por aplicar un análisis de frontera estocástica a la industria textil española. La metodología empleada es la de Battese *et al.* (1992), donde el tiempo es invariante. Los resultados dividen los niveles de ineficiencia en los subsectores del sector textil: tejidos de punto, tejidos textiles, acabados textiles, hilatura, fabricación de artículos con confección textil, otras industrias textiles y artículos con tejido de punto. Las eficiencias obtenidas en el año 1995 eran cercanas a la unidad, pero, a medida que se avanzaba hasta el año 2005, se observaba un detrimento de la productividad en todos los subsectores, siendo la fabricación de artículos de confección textil la más afectada, pasando de una eficiencia de 0,7 % en 1995 a 0,51 % en 2005.

Theriault *et al.* (2014) estudiaron el oeste de África donde se analizaron fábricas de algodón, de las cuales 90 se localizaban en Benín (0,85 % de eficiencia), 60 en Burkina Faso (0,84 % de eficiencia) y 113 en Malí (0,72 % de eficiencia). Se usaron variables como la educación primaria, los años de experiencia y la superficie, así como variables financieras, como el acceso al crédito. La eficiencia media del oeste de África fue de 0,8 %. De Jorge-Moreno *et al.* (2015) estimó una función Cobb-Douglas para analizar el sector textil en España. Para ello, utilizó la metodología de Battese y Coelli (1995) y, como determinantes de la eficiencia en el país, utilizaron el impacto de la industria por comunidades autónomas para medir la brecha de la industria.

Un informe de la Unión Europea pone en manifiesto que los países donde los costes salariales son más altos en proporción con el valor añadido que generan las empresas son Francia y España. Lo cual ha hecho que las empresas españolas prefieran producir fuera, en países donde la mano de obra es más barata y las políticas de la industria son más “flexibles”.

El contexto de la eficiencia dinámica en la literatura es más escaso y Tsionas (2006) es un referente, en cuyo modelo nos hemos basado para la elaboración de esta investigación.

Lambarraa (2009) usó el modelo propuesto por Tsionas (2006) para modelar la eficiencia dinámica mediante inferencia bayesiana, analizando las granjas de oliva españolas, de las que obtuvo una eficiencia media del 0.72 %. Serra *et al.* (2010) aplicaron una función distancia en la estimación de un modelo dinámico, al igual que otros autores como Emvalomatis (2011), que lo aplicaron para analizar sectores como el agrícola. Asimismo, autores como Galán (2015) aplicaron la misma metodología al sector bancario. Desde que en que Tsionas (2006) propuso el modelo dinámico usando una distribución log-normal, han ido evolucionando los modelos. Otros autores como Emvalomatis (2011) proponen una distribución exponencial, la cual busca contribuir a la literatura con otro enfoque.

Tabla 4.1: Revisión de estudios de eficiencia técnica en la industria textil

Authors (year)	Country	Method	Efficiency
Theriahult <i>et al.</i> (2014)	Africa	SFA	0.80 %
Nuruzzaman (1989), Jaforullah (1999), Samad <i>et al.</i> (2003)	Bangladesh	SFA	* , 0.41 % , 0.80 %
Kong <i>et al.</i> (1999)	Chine	SFA	0.75 %
Coll-Serrano <i>et al.</i> (2009) , De Jorge-Moreno <i>et al.</i> (2015)	Spain	SFA	[0.70 %- 0.99 %] , *
Bhandari <i>et al.</i> (2007)	India	SFA	[0.72 %-0.84 %]
Pitt and Lee (1981), Battese <i>et al.</i> (2001), Margono <i>et al.</i> (2006)	Indonesia	SFA	[0.60 %- 0.70 %], * , 0.47 %
Faria <i>et al.</i> (2005)	Portugal	SFA	0.67 %

* Dada la descomposición de la eficiencia en el análisis no ha sido posible obtener una eficiencia media representativa. En de caso de encontrarse entre llaves la eficiencia tiene un rango dependiendo de los subsectores del propio sector.

4.3. Selección y descripción de datos

Los datos usados para este estudio se han obtenido de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) la cual fue diseñada por el Programa de Investigaciones Económicas (PIE) de la Fundación Empresa Pública (FEP) y patrocinada por el Ministerio de Industria y Energía para el periodo de 2007 a 2012. La ESEE es una encuesta de panel a empresas manufactureras españolas iniciada en el año 1990 bajo el control del Ministerio de industria y la fundación

SEPI. Desde su creación cada año se entrevistan alrededor de 1800 empresas donde se aplican medidas para controlar la comparación entre periodos de tiempo y asegurar la consistencia y calidad de los datos.

La base de datos es un panel no balanceado, compuesto por 721 observaciones que corresponden a 157 empresas del sector textil español. La muestra de la ESEE es representativa y los criterios de selección se dividen en dos grupos: en el primer grupo, se incluyen las empresas con más de 200 trabajadores y, en el segundo grupo, las empresas de entre 10 y 200 trabajadores que fueron seleccionadas por muestreo estratificado, proporcional con restricciones y sistemático con arranque aleatorio.

El conjunto de datos contiene información a nivel de manufacturera textil en unidades físicas (*outputs* y *inputs*), datos económicos y financieros (ingresos de los productos específicos, grupos de productos y variables relacionadas con la tecnología).

La función distancia orientada se especifica en dos *outputs*:

- ▷ **Web Sales** (y_1) Esta variable se ha creado como la suma de las ventas de las empresas a los consumidores finales a través de Internet. Se calcula como el porcentaje de ventas por Internet sobre las ventas totales.
- ▷ **Added value** (y_2) (valor deflactado). Incluye: la suma de las ventas, la variación de existencias y otros ingresos de gestión, menos las compras y los servicios exteriores, expresado en miles de euros. Jaforullah (1999), Radam *et al.* (2008) y Serrano et al. (2009) incluyen esta variable a su función de producción.

Las variables reportadas han sido deflactadas usando el índice de deflación del PIB del Banco Mundial para España.

Se tienen tres categorías de *inputs*:

- ▷ **Total Net Fixed Assets** (x_1) (valor contable deflactado). Incluye: el valor total de los activos fijos² menos amortizaciones acumuladas y provisiones, expresado en euros.

²Instalaciones técnicas, maquinaria, herramientas, otras instalaciones, muebles, equipos de procesamiento de información, elementos de transporte y otros activos fijos tangibles.

Kong *et al.* (1999), Samad *et al.* (2003), Margono *et al.* (2006), Bhandari *et al.* (2007), Serrano *et al.* (2009), Coll *et al.* (2009), De Jorge-Moreno *et al.* (2015) utilizan los activos fijos como una variable explicativa.

- ▷ **Intermediate consumption** (x_2) (valor deflactado). Incluye el valor de los bienes y servicios, que se utilizan como insumos en el proceso de producción de nuevos productos. Los activos inmovilizados se excluyen de los activos fijos variables netos. Zheng *et al.* (2003) y Bhandari *et al.* (2007) usan el consumo intermedio en su función de producción.
- ▷ **Effective Journey** (x_3) Es el número de horas efectivamente trabajadas en el año por el trabajador. Se calcula como la suma de la jornada normal más las horas extraordinarias menos las horas no trabajadas. La variable idónea para medir el trabajo es el número de horas. Nuruzzaman (1989), en su estudio, pese a tener el número de horas, dada la credibilidad de la variable, usaron como proxy el número medio de trabajadores por fabrica. En cambio, Kong *et al.* (1999) decidieron usar el número de horas trabajadas en la estimación de su modelo, dado que el número de horas es una variable más precisa en la estimación.

Las variables que tienen un efecto sobre la ineficiencia son las siguientes:

- ▷ **Innovations in the organization of work** (z_1). Esta variable es dicotómica y la innovación en la empresa industrial toma el valor 1 cuando se genera innovación y el valor 0 en el caso contrario.
- ▷ **Export Propension** (z_2). Es el porcentaje de las exportaciones realizadas por la empresa, sobre el total de ventas realizadas.
- ▷ **Process innovations for new production techniques** (z_3). Esta variable es dicotómica, tomando valor 1 en caso de generación de innovaciones y 0 en caso de no innovación.
- ▷ **Product Innovation** (z_4). Esta variable se interpreta como un constructo latente en el cual se relaciona si una empresa ha realizado en un año una innovación de producto y se establece una relación con las ventas de esta innovación. Si hay demanda, dada esa innovación, toma valor 1 y 0 en caso contrario.

- ▷ **Capacity utilization** (z_5) Es el porcentaje de la utilización de la capacidad productiva. Winston (1974) introduce la teoría de la utilización de la capacidad como una variable que está determinada a las decisiones económicas. Nuruzzaman (1989) también utiliza esta variable para analizar a la industria textil en Bangladesh.

Las variables que explican el modelo parten de un *output* diferenciador que contempla el uso de tecnologías de la información. En el caso de los grupos que explican la ineficiencia, estos se pueden agrupar en: innovación, capital humano y estructura.

La innovación posee un grupo de variables que busca capturar los cambios en la demanda. Es una forma de explicar los cambios en la productividad de la empresa, así como la adaptación de la empresa ante los cambios. Para ello, se ha incluido la variable “innovación de producto”.

El capital humano contempla los avances sobre la organización de trabajo. Este grupo de variables trata de recoger el efecto que tiene la innovación de nuevas técnicas en el trabajo sobre la eficiencia que pueda tener una empresa. En dicha variable se incluyen las innovaciones de proceso por nuevas técnicas de producción y en la organización del trabajo.

La estructura es un grupo de variables de la competitividad de la empresa industrial, en esta se incluyen la propensión exportadora y la utilización de la capacidad. Se incluyen: un término de interacción entre la tendencia en el tiempo y las empresas textiles en las comunidades autónomas de España, para analizar el progreso tecnológico durante los años cubiertos por los datos.

En la tabla 4.2, se muestran las estadísticas descriptivas de las principales variables, donde los precios se expresan en miles de euros a precios constantes del año 2012.

Tabla 4.2: Estadísticas descriptivas

Variable	Mean	Sd.dev.	Minimum	Maximum
y_1	0.22204	0.40574	-0.57458	0.99403
y_2	3.56813e+006	1.17747e+007	1	1.44662e+008
x_1	3.30568e+006	7.60122e+006	113	6.85281e+007
x_2	174.7	244.224	2	4664
x_3	176832	793824	459.278	1.14254e+007

4.4. Especificación del modelo

En este apartado, la eficiencia y la productividad de las empresas están siendo evaluadas. Se usa una tecnología translog *multioutput* para el modelo, usando una función distancia *input* orientada.

$$\begin{aligned}
 \log D_{Iit}(x_{it}, y_{it}, t) = & \alpha_{it} + \sum_k \alpha_k \log(x_{kit}) + \sum_l \beta_l \log(x_{lit}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \alpha_{kj} \log(x_{kit}) \log(x_{jit}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_l \sum_h \beta_{lh} \log(y_{lit}) \log(y_{hit}) \\
 & + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \xi_{kl} \log(x_{kit}) \log(y_{lit}) \\
 & + \eta_1 t + \eta_2 t^2 + v_{it} - u_{it}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

$$v_{it} \sim N(0, \tau), \alpha_{it} \sim N(0, \omega)$$

donde,

- ▷ y_{it} es el valor de la variable dependiente en la observación i en el período de tiempo t
- ▷ x_{it} es un vector ($K \times 1$) que almacena los valores de la variable independiente K para la observación i en el período t
- ▷ β es un vector ($K \times 1$) de parámetros
- ▷ u_{it} es el componente de ineficiencia del término de error, sigue una distribución no negativa
- ▷ τ es el parámetro de precisión del componente de ruido del término de error³
- ▷ ω es el parámetro de precisión del término de error del grupo específico⁴

³ $\sigma_v^2 = \frac{1}{\tau}, \sigma_v = \frac{1}{\tau^{1/2}}$

⁴ $\sigma_\alpha^2 = \frac{1}{\omega}$

- ▷ s_{it} es la variable de estado oculto, que es una transformación monótona del componente de error de la ineficiencia $s_{it} = f(u_{it})$, $s_{it} = z'_{it}\delta + \rho s_{i,t-1} + \xi_{it}$ donde $\xi_{it} \sim N(0, \phi)$. El proceso autorregresivo $s_{i1} = \frac{z'_{i1}\delta}{1-\rho} + \xi_{i1}$ donde $\xi_{i1} \sim N(0, \phi(1-\rho)^2)$. Sigue una distribución:

- **Log-Normal:** $s_{it} = \log(u_{it})$, propuesto por Tsionas (2006) u_{it} sigue una distribución normal

- ▷ z_{it} es un vector ($L \times 1$) que almacena los valores de los determinantes de la ineficiencia L para la observación i en el período t
- ▷ δ es un vector de parámetros ($L \times 1$) asociado a las variables z_{it}
- ▷ ρ es un parámetro que mide la persistencia de la ineficiencia
- ▷ ϕ es el parámetro de precisión del término de error de la variable de estado⁵

El tiempo está incluido para capturar el progreso tecnológico. La función de distancia *input* orientada está dada por $\log D_I(x_{it}, y_{it}, t; \beta) = v_{it} - u_{it}$, donde $u_{it} = \log(T E_{it})$. La función queda denotada de la siguiente forma:

$$\log y_{it}^m = -\log D_I(x_{it}, \frac{y_{it}}{y_{it}^m, t; \beta}) + v_{it} + \log(T E_{it}) \quad (4.2)$$

Las ventajas de la función distancia es que la forma funcional es flexible y, a su vez, estamos imponiendo homogeneidad. Se ha utilizado la jornada efectiva de trabajo como variable *input* para crear la función distancia.

La especificación de la translog en forma exacta no es fácilmente interpretable, por lo que se hace una transformación de los datos para pasar a la forma aproximada y encontrarnos en la empresa representativa, por lo que normalizamos las variables respecto a su media geométrica. De esta forma, la interpretación es directa pudiendo analizar las elasticidades directamente.

Los modelos de frontera dinámicos son flexibles para el tratamiento de la heterogeneidad. El modelo propuesto por Tsionas (2006) captura los efectos persistentes de esta en la ineficiencia.

⁵ $\sigma_{\xi}^2 = \frac{1}{\phi}$

Lo que hace este modelo es separar la especificación en dos componentes: el primero no es observado, el cual, mediante un proceso autorregresivo captura una porción de la ineficiencia, mientras que el segundo sí es observado, es un vector de covariables que nos muestra el nivel de ineficiencia del modelo. Con los dos componentes se puede tratar la heterogeneidad del modelo.

El parámetro de persistencia debe satisfacer $|\rho| < 1$ para asumir la estacionariedad, donde un valor cercano a la unidad significa una alta persistencia hacia el componente de ineficiencia y un ajuste óptimo más lento.

4.4.1. Calibración

En el anexo encontramos la C.1, donde están los valores dados para las secuencias iterativas correspondientes al muestreo por Gibbs. Esta sección muestra los priores y valores dados a los hiperparámetros.

Los parámetros $\beta, \tau, \omega, \delta, \rho, \phi$ siguen la función de densidad probabilística:

$$p(\beta) = \frac{|P_\beta|^{\frac{1}{2}}}{(2\pi)^{\frac{K}{2}}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\beta - m_\beta)' P_\beta (\beta - m_\beta)\right\}$$

▷ El valor de los hiperparámetros $m_\beta = 0_K, P_\beta = 0,001 * I_K$

$$p(\tau) = \frac{b_\tau^{a_\tau}}{\Gamma(a_\tau)} \tau^{a_\tau-1} e^{-\tau b_\tau}$$

▷ El valor de los hiperparámetros $a_\tau = 0,001, b_\tau = 0,001$

$$p(\omega) = \frac{b_\omega^{a_\omega}}{\Gamma(a_\omega)} \omega^{a_\omega-1} e^{-\omega b_\omega}$$

▷ El valor de los hiperparámetros $a_\omega = 0,001, b_\omega = 0,001$

$$p(\delta) = \frac{|P_\delta|^{\frac{1}{2}}}{(2\pi)^{\frac{K}{2}}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\delta - m_\delta)' P_\delta (\delta - m_\delta)\right\}$$

▷ El valor de los hiperparámetros $m_\delta = 0_K, P_\delta = 0,001 * I_L$

$$p(\rho) = \frac{\rho^{a_\rho-1}(1-\rho)^{b_\rho-1}}{B(a_\rho, b_\rho)}$$

▷ El valor de los hiperparámetros $a_\rho = 4, b_\rho = 2$

$$p(\phi) = \frac{b_\phi^{a_\phi}}{\Gamma(a_\phi)} \phi^{a_\phi-1} e^{-\phi b_\phi}$$

▷ El valor de los hiperparámetros $a_\phi = 0,1, b_\phi = 0,01$

Los hiperparámetros m_β y P_β son anteriores a la matriz de precisión (KxK) y m_δ, P_δ son prioritarios de la misma (LxL), cuya matriz es simétrica y positiva definida.

Por otra parte, a_τ, a_ω, a_ϕ son parámetros de forma y b_τ, b_ω, b_ϕ , de velocidad.

Finalmente, a_ρ es el parámetro α para el prior ρ y b_ρ es el parámetro β para el prior ρ . El algoritmo MCMC implica 60 000 iteraciones, con una cadena donde los primeros 10 000 se descartan y un adelgazamiento igual a 3 se utiliza para eliminar las autocorrelaciones. Asimismo, se obtiene la densidad espectral y los factores de ineficiencia.

4.5. Resultado empírico

En particular el sector textil siempre ha sido un sector con un enorme interés, siendo uno de los principales sectores que sufrió una transformación en la revolución industrial. La globalización y la aparición de la era tecnológica han hecho que nos planteemos si realmente somos productivos.

Durante de la crisis económica, muchas empresas textiles cambiaron la forma en la cual estaban gestionando sus recursos intentado adaptarse a la situación mundial. La externalización de servicios mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación jugó un papel esencial que ayudó a minimizar la recesión local, abriendo el panorama a nuevos mercados económicos.

En el apéndice la tabla C.3, se presentan los resultados de la estimación. Como puede apreciar, los signos son correctos. Debe tenerse en cuenta que se ha aplicado una función *input* distancia,

lo que hace que los signos de los *outputs* tengan un signo negativo. El valor posterior promedio de ρ es 0.76, lo que significa que la persistencia de la ineficiencia se ajusta relativamente rápido al óptimo. Presentamos las variables z_{it} , que tienen un impacto en la ineficiencia de la industria textil española.

Las variables que afectan la ineficiencia se pueden agrupar en tres grupos principales: innovación, capital humano y estructura.

La innovación es uno de los pilares más fuertes de una empresa, no innovar implica no enfrentar los cambios en el mercado. Esta medida nos indica cuán productiva es la empresa. El signo negativo indica que la innovación en un producto (z_4) hace que la empresa sea menos ineficiente.

El capital humano siempre ha estado profundamente arraigado en la eficiencia de las empresas textiles, pero la mecanización de la industria ha cambiado el papel del capital humano. Las innovaciones de proceso por nuevas técnicas de producción (z_1) tienen un coeficiente muy débil, por lo que un signo positivo indica que no todas las innovaciones en las nuevas técnicas de producción hacen que la empresa sea más eficiente. Por otro lado, la organización del trabajo (z_3) indica que una empresa con una organización bien estructurada será menos ineficiente.

Finalmente, la estructura es un indicador de la capacidad de la empresa, indica la competitividad de la industria. La propensión a la exportación (z_2) es una de las variables que da paso a la internacionalización de los mercados, lo que hace que las empresas sean más eficientes. Esto da lugar a la búsqueda de nuevos mercados donde la rentabilidad es mayor. El uso de la capacidad (z_5) indica que, cuanto mayor sea el coeficiente, la ineficiencia será mayor. Esto podría estar relacionado con el coste de producción en España, con lo cual, será mejor subcontratar la estructura. Muchas grandes corporaciones textiles ubican sus fábricas en el continente asiático, lo que les permite mayores márgenes de ganancia.

En la tabla 4.3, podemos observar cómo la eficiencia técnica promedio de la industria textil para el período de 2007 a 2012 para una muestra de 157 empresas fue del 0,64 %. En la tabla 4.4, podemos observar la evolución de la industria textil, ya que, en general, hubo un aumento entre 2007 y 2009, seguido de una ligera caída en 2010-2011 y, finalmente, desapareció esta tendencia a la baja en 2012. Esto se podría asociar con el auge de la economía española, en la

segunda etapa la crisis de los mercados, y la adaptación de las empresas a las turbulencias de los mercados.

Tabla 4.3: Promedio total de eficiencia técnica (2007-2012)

Average efficiency	Nº observ.	Nº companies
0,6397965	701	157

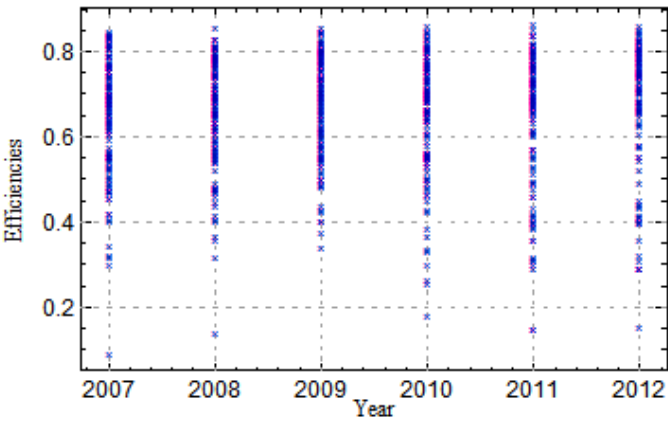


Figura 4.1: Diagrama de dispersión de la eficiencia dinámica

En la figura 4.1, tenemos un diagrama de dispersión que muestra la variabilidad de la ineficiencia individual de las empresas durante el período de estudio. En la figura 4.2, podemos observar un gráfico de densidad de eficiencia en el que se aprecia que las personas de la empresa i tienen variaciones extremas, por lo que muchas de estas empresas se encuentran en valores cercanos a 0. Esto se puede interpretar como una distancia muy grande con las empresas que son muy eficientes, lo que sitúa a estas empresas en un panorama donde no saben gestionar sus recursos de manera adecuada.

Tabla 4.4: Eficiencia técnica media (2007-2012)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Eficiencia	0,6390346	0,6583752	0,6726353	0,6485235	0,6439036	0,6669211

En el anexo de la tabla C.2, se puede observar la eficiencia usando un *cluster* de trabajadores. Este se ha realizado por el número de trabajadores. De esta manera, se puede relacionar con capital humano, donde se puede verificar si un número de trabajadores altos o bajos aumenta

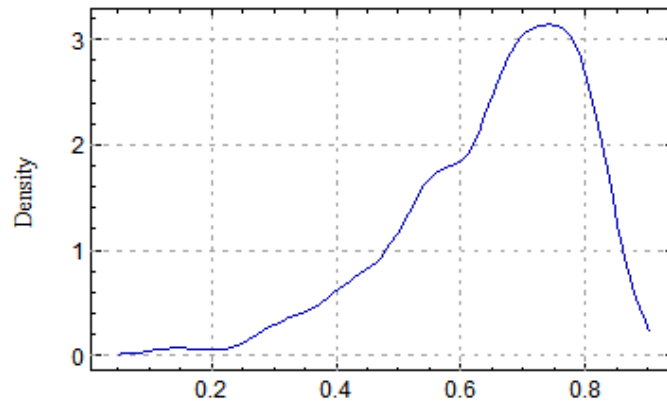


Figura 4.2: Densidad de la Eficiencia

o disminuye la eficiencia, debido a la ardua tarea de organización de capital humano, cuando el número aumenta. Como se puede apreciar, los niveles más altos de eficiencia se concentran en las medianas empresas, por lo tanto que, al ser una empresa con pocos trabajadores, esto no puede generar suficiente economía de escala y una empresa con muchos trabajadores entra en un proceso de organización del trabajo muy complejo.

Los cambios más importantes en la evolución de la eficiencia se pueden ver en la figura C.2, donde se explora más la eficiencia de las diferentes comunidades autónomas. En el caso de la eficiencia total media del período de 2007 a 2012, la comunidad más eficiente es Extremadura (0,721 %) y la más ineficientes, Andalucía (0,593 %) y Canarias (0,555 %).

En 2012, todas las comunidades autónomas mejoraron su eficiencia técnica, a excepción de Aragón (0,409 %), que presentó el menor coeficiente seguido por la Región de Murcia (0,654 %), la cual mostró un ligero descenso. Entre las comunidades autónomas con mayor índice de eficiencia en 2012 se encuentran Castilla-La Mancha (0,797 %), País Vasco (0,749 %), Comunidad Valenciana (0,738 %) y Extremadura (0,726 %). También se observa el efecto de la crisis económica en los años 2010 y 2011, lo que llevó a las empresas a cambiar su gestión. El cambio llevó a estas empresas a asignar mejor sus recursos y, a través de las tecnologías de la información y la innovación, se abrieron nuevos canales de comunicación para la venta.

4.6. Observaciones finales

En este capítulo, hemos considerado una estimación econométrica utilizando la inferencia bayesiana para una función de producción de múltiples outputs, con el fin de analizar la eficiencia de la industria textil española.

La principal contribución es la especificación translogarítmica en un marco dinámico, en el cual, primero, se contempla una frontera de producción con múltiples variables endógenas y, segundo, un parámetro persistente de la ineficiencia que recoge tanto la heterogeneidad no observada como los distintos niveles de ineficiencia dados por la matriz de covariables. Esto hace que el modelo sea teóricamente consistente en la estimación de funciones paramétricas con datos y parámetros desconocidos.

Se ha mostrado como los métodos bayesianos tienen una enorme precisión usando la cadena de Markov con simulación Monte Carlo (MCMC). En este modelo, se han supuesto varias restricciones, las cuales se han relajado para modelar la frontera. El modelo de frontera dinámico fue implementado para un panel de datos no balanceado, en el cual se incluyó la matriz de covariable z_{it} que afecta la ineficiencia.

El período de tiempo cubierto fue de 2007 a 2012, el cual captura una etapa de inestabilidad económica en el país, en la que la burbuja inmobiliaria causó la destrucción exponencial de puestos de trabajo. Esta crisis afectó a los otros sectores de la economía española, pero muchas de estas empresas pudieron hacer frente a la crisis, ya que, en España, solo tenían los centros logísticos, pues ubicaban en ciertos casos las fábricas en los países asiáticos.

La crisis abrió el camino para el mercado de prendas de vestir de “bajo coste”, donde las empresas preferían un margen de beneficio menor, pero una mayor rotación de productos. Eso produjo una guerra de precios interna donde solo perduraron las empresas con una estructura de coste de producción más baja. La competencia generó innovación, nuevos canales de venta y una reorganización del trabajo. Los resultados sugieren que la ineficiencia media de la industria textil en España es un 63 %.

Bibliografía

- [1] AIGNER, D.;LOVELL, C.; SCHMIDT, P.(1977), "*Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*", Journal of Econometrics 6, 21-37.
- [2] BANKER, R.D., CHARNES, A., COOPER, W.W.(1984), "*Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA*",Management Science, 30/9: 1078-1092.
- [3] BATTESE, G. E. AND T. J. COELLI,(1992), "*Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India*",Journal of Productivity Analysis, 3, 153-169.
- [4] BATTESE, G. E. AND T. J. COELLI,(1995), " *A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*",Empirical Economics, 20, pp. 325-332.
- [5] BATTESE, G.E., PRASADA RAO, D.S. AND WALUJADI, D.,(2001), "*Technical Efficiency and Productivity Potential of Garment Firms in Different Regions in Indonesia: A Stochastic Frontier Analysis Using a Time-Varying Inefficiency Model and a Metaproduction Frontier*", CEPA Working-Papers, N° 7. School of Economics, University of New England. Australia.
- [6] BHANDARI, A. K., AND MAITI, P.(2007), " *Efficiency of Indian manufacturing firms: textile industry as a case study*", International Journal of Business and Economics, 6(1), 71.
- [7] CARREÑO, S. Á.(2006), "*Métodos estadísticos para enfermería nefrológica*", La estadística frecuentista y la estadística inferencial. El teorema de Bayes: 105.

- [8] CHARNES A., COOPER W.W., RHODES E.,(1978), "*Measuring the efficiency of decision making units*", European Journal of Operational Research 2. North-Holland Publishing Company, pp.429-444.
- [9] CHIB, S. AND JELIAZKOV, I.(2001), "*Marginal likelihood from the Metropolis-Hastings output*", Journal of the American Statistical Association, 96(453):270-281.
- [10] COELLI,T AND PERELMAN, S.(1996), "*Efficiency measurement, multiple-output technologies and distance functions: with application to european railways*",CREPP 96/05, Université de Liège.
- [11] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES(2003), "*Economic and Competitive-ness Analysis of the European Textile and Clothing Sector*", Commision Staff Working paper.
- [12] COLL-SERRANO, V., AND BLASCO, O. B.(2009), "*Evolución de la eficiencia técnica de la industria textil española en el periodo 1995-2005*",análisis mediante un modelo frontera estocástica. Estudios de economía aplicada, 27(3), 777.
- [13] DEBREU, G.(1951), "*The coefficient of resource utilization*", Econometrica 19, 273-292.
- [14] DE JORGE-MORENO, J., AND ROJAS CARRASCO, O.(2015), "*Technical efficiency and its determinants factors in Spanish textiles industry (2002-2009)*", Journal of Economic Studies, 42(3), 346-357.
- [15] EURATEX(2000), "*Memorandum on Preferential Rules of Origin*",February 2000, Brussels: Euratex
- [16] EMVALOMATIS, G., STEFANO, S. E., AND LANSINK, A. O.(2011), "*A reduced-form model for dynamic efficiency measurement: Application to dairy farms in Germany and The Netherlands*",American Journal of Agricultural Economics, 93(1), 161-174.
- [17] FARIA, A., FENN, P., AND BRUCE, A.(2005), "*Production technologies and technical efficiency: evidence from Portuguese manufacturing industry*", Applied Economics, 37(9), 1037-1046.

- [18] FERNÁNDEZ, C., GARY KOOP, G., STEEL M.,(2000), "*A Bayesian analysis of multiple-output production frontiers*", *Journal of Econometrics* 98 (2000) 47-79.
- [19] FRIEDMAN, M.; SAVAGE, L.J.(1948), "*The Utility Analysis of Choices Involving Risk*", *Journal of Political Economy* 56:279-304.
- [20] FRIEDMAN, M.; SAVAGE, L.J.(1952), "*The Expected-Utility Hypothesis and the Measurability of Utility*", *Journal of Political Economy* 60:463-474.
- [21] GALÁN, J. E., VEIGA, H., AND WIPER, M. P.(2015), "*Dynamic effects in inefficiency: Evidence from the Colombian banking sector*", *European Journal of Operational Research*, 240(2), 562-571.
- [22] GELFAND, A. E. AND SMITH A. F. M.(1990), "*Sampling Based Approaches to Calculating Marginal Densities*", *Journal of the American Statistical Association* 85: 398-409.
- [23] GEWEKE, J.(2005), "*Contemporary Bayesian econometrics and statistics*", John Wiley and Sons, Inc., ISBN-13 978-0-471-67932-5.
- [24] JAFORULLAH, M.,(1999), "*Production Technology, Elasticity of Substitution and Technical Efficiency of the Handloom Textile Industry of Bangladesh*", *Applied Economics*, 31, 437-442.
- [25] JEFFREYS, H.(1946), "*An Invariant Form for the Prior Probability in Estimation Problems*", *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*. 186 (1007): 453-461. doi:10.1098/rspa.1946.0056.
- [26] KNELLER, R., AND STEVENS, P. A.(2006), "*Frontier technology and absorptive capacity: Evidence from OECD manufacturing industries*", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 68(1), 1-21.
- [27] KONG, X., MARKS, R. E., AND WAN, G. H.(1999), "*Technical Efficiency, Technological Change and Total Factor Productivity Growth in Chinese State Owned Enterprises in the Early 1990s*", *Asian Economic Journal*, 13(3), 267-282.

- [28] KOOP, G., M. STEEL, AND J. OSIEWALSKI(1995), "*Posterior analysis of stochastic frontier models using Gibbs sampling*", Computational Statistics 10, 353-373.
- [29] KOOPMANS, T.(1951), "*Activity analysis of production and allocation, Chapter An analysis of production as efficient combination of activities*", Cowles Commission for Research in Economics, Monograph no. 13. New York.
- [30] LAMBARRAA F., STEFANO S. AND GIL, J. M.,(2009), "*The impact of dynamic technical inefficiency on investment decision of Spanish olive farms*", No 58080, 113th Seminar, September 3-6, 2009, Chania, Crete, Greece, European Association of Agricultural Economists, (Link online)
- [31] MARGONO, H., AND SHARMA, S. C.(2006), "*Efficiency and productivity analyses of Indonesian manufacturing industries*", Journal of Asian Economics, 17(6), 979-995.
- [32] MEEUSEN, W. AND VAN DEN BROECK J.(1977), "*Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed errors.*", International Economic Review 8, 435-444.
- [33] NURUZZAMAN, S.(1989), "*Public and private production of a private good: the case of cotton textile manufacturing industry in Bangladesh*", XII, 120 S, Univ. of Hawaii, (Doctoral dissertation).
- [34] PITT, M. AND LEE, L.(1981), "*Measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry*", Journal of Development Economics, 9, 43-64.
- [35] RADAM, A., ABU, M. L., AND ABDULLAH, A. M.(2008), "*Technical efficiency of small and medium enterprise in Malaysia: A stochastic frontier production model*", International Journal of Economics and Management, 2(2), 395-408.
- [36] SAMAD, Q. A., AND PATWARY, F. K.(2003), "*Technical efficiency in the textile industry of Bangladesh: an application of frontier production function*", International journal of information and management sciences, 14(1), 19-30.
- [37] SERRA, T., STEFANO S. AND OUDE LANSINK, A.,(2010), "*Measurement of dynamic efficiency, a directional distance function parametric approach*", No 61107, 114th Seminar,

April 15-16, 2010, Berlin, Germany, European Association of Agricultural Economists, (Link online).

- [38] SI Y., PILLAI, N.S., AND GELMAN A.,(2015), "*Bayesian Nonparametric Weighted Sampling Inference*", Bayesian Analysis, 10, Number 3, pp. 605-625.
- [39] THERIAULT, V., AND SERRA, R.(2014), " *Institutional environment and technical efficiency: A stochastic frontier analysis of cotton producers in west Africa*",Journal of Agricultural Economics, 65(2), 383-405.
- [40] TSIONAS, E. G.(2006), " *Inference in dynamic stochastic frontier models*", Journal of Applied Econometrics, 21(5):669-676.
- [41] VAN DEN BROECK, J., KOOP, G., OSIEWALSKI, J., AND STEEL, M. F. (1994), "*Stochastic frontier models: A Bayesian perspective*",Journal of Econometrics 61, 273-303.
- [42] WINSTON, G. C. (1974), "*The theory of capital utilization and idleness*",Journal of economic literature, 12(4), 1301-1320.
- [43] ZHENG, J., LIU, X., AND BIGSTEN, A.(2003), " *Efficiency technical progress and best practice in Chinese state enterprises (1980-1994)*", Journal of Comparative Economics, 31(1), 134-152.

Capítulo 5

Eficiencia dinámica en la industria de motores de vehículos: El caso de España

5.1. Introducción

Este trabajo considera el problema de la eficiencia dinámica en el tiempo. La literatura ha tratado de medir el efecto que el tiempo tiene en las cosas en esta área. Esto se ha hecho desde un punto de vista determinista. Muchos autores interpretan el determinismo tecnológico como la ausencia de control humano sobre la tecnología y cómo tiene un impacto autónomo en la eficiencia, además de que el ser humano se centra, principalmente, en mejorar la técnica. Por lo tanto, hay un progreso técnico. Cada agente busca la perfección de lo que hace y el esfuerzo común lo lleva al progreso, algo que se ha intentado medir con el tiempo. Además, la comparación del enfoque determinista del tiempo y la de un error compuesto que recoge ruido blanco, ha sido un tema de interés en la literatura de la eficiencia (Ellul, 1990).

La evolución de la literatura de frontera nos ha llevado a nuevos modelos con enfoques dinámicos en los que buscamos observar el efecto de las decisiones de los agentes a corto y largo plazo sobre la producción.

Los modelos de eficiencia dinámica y sus implicaciones consideran o no el cambio técnico. Estos se desarrollan más a fondo (por ejemplo, Phelps (1961), Diamond (1965)). Este enfoque

no refleja las decisiones de los agentes sobre la producción, aquí la eficiencia es algo temporal, contempla solo las ineficiencias en el corto plazo (Stefanou, 2009).

Ahn y Sickles (2000) especifican los efectos de la ineficiencia con una autorregresión, tratando de analizar el efecto de la estructura del error que captura las ineficiencias dinámicas a corto y largo plazo. Tsionas (2006) desarrolla un modelo de frontera estocástica a largo plazo, que utiliza la muestra de Gibbs con aumento de datos para generar iteraciones de ineficiencias a corto y largo plazo.

En cuanto a la concepción de la teoría del crecimiento endógeno, existen diferentes perspectivas de esto. Podemos encontrar diferentes puntos de vista, por ejemplo, contemporáneos como Romer y el neoclásico ortodoxo como Solow.

Relacionado con la teoría del crecimiento endógeno, Schultz (1963) y Becker (1964) son los primeros en llamar al modelo “el capital humano”. Otros autores (por ejemplo, Uzawa (1965), Romer (1986) y Lucas (1988) hacen la conjetura de que el crecimiento del capital físico no puede explicarse solo por el crecimiento de la producción de capital. Esta teoría demuestra cómo los efectos externos son críticos para el crecimiento a largo plazo del modelo, por lo que se deben considerar las externalidades que afectan el capital humano. En el modelo de Solow (1956), el enfoque de externalidad era diferente y todas las empresas de la economía disfrutaban del mismo factor de productividad.

Benhabib y Spiegel (1994) sugieren que los niveles de capital humano influyen en la tasa de innovación tecnológica en el país, y esto afecta la velocidad de adopción de la tecnología. La teoría del crecimiento endógeno es aplicable al estudio de la eficiencia del país, ya que sugiere un marco teórico consistente para la elaboración del modelo.

El enfoque de función *input* distancia propuesto en este estudio proporciona propiedades consistentes para la estimación. Esto, además del procedimiento de Markov Chain Monte Carlo y con la metodología de Tsionas (2006), nos da resultados confiables. La productividad y la eficiencia de la industria de los motores de vehículos ha recibido una atención cada vez mayor en España en relación con aspectos de la gerencia de operaciones. La situación económica provocada por la burbuja inmobiliaria ha jugado un papel esencial en la industria, lo que nos ha llevado a considerar: ¿está la industria destinada a la extinción o evolucionará y

se adaptará al nuevo mercado?

Este documento utiliza la eficiencia dinámica para evaluar 143 empresas españolas en 14 regiones en el periodo que abarca desde 2003 a 2013. Los objetivos de este capítulo son los siguientes:

- ▷ Construir un modelo de eficiencia dinámica adecuado en España para evaluar la eficiencia relativa de la industria automotriz.
- ▷ Usar una función *input* distancia para introducir múltiples *outputs*.
- ▷ Utilizar una función de producción translog para evaluar la eficiencia regional de la industria con una función flexible; y comparar los determinantes de la ineficiencia en toda la industria.
- ▷ Discutir si la ineficiencia de las empresas proviene de la brecha tecnológica o la organización del trabajo.
- ▷ Analizar los factores que influyen en el rendimiento de la industria automotriz y proporcionar sugerencias a los gerentes de operaciones para mejorar la productividad y la eficiencia.

5.2. Antecedentes

Muchos operadores automotrices globales comenzaron sus operaciones en España a finales de la década de 1950, reconociendo a España como una nueva oportunidad de mercado y una base para sus operaciones en el sur de Europa. Desde entonces, las exportaciones automotrices han sido un elemento importante del comercio exterior. Además, el desarrollo de la industria automotriz española ha sido impulsado, tanto por la política interna como por la participación económica extranjera. Esto ha intensificado la competencia entre las empresas de autopartes, nacionales y extranjeras, con un enfoque cada vez mayor en productos de calidad entregados *just-in-time*.

En 2015, China, EE. UU., Japón y Alemania representaron el 57,18 % de la producción mundial de automóviles. En la tabla 5.1, la tenemos para los 10 principales países productores. En 2007, los cuatro países mencionados anteriormente representaron solo el 51,11 % (OICA, 2015).

La situación de la industria del automóvil en España es muy diferente a la de otros sectores, siempre ha tenido una posición privilegiada. Muchas de las empresas más importantes del mundo como: Nissan, Mercedes-Benz, Renault, GM, Opel, Seat, Ford, Iveco y PSA ubican sus fábricas en territorio español para lograr una reducción de costes. Esto se puede lograr porque, en España, los costes salariales son bastante más bajos en comparación con otros países productores como Francia y Alemania.

En el año 2012, los principales destinos de las exportaciones españolas fue Francia (30,0 %), Alemania (15,8 %) y Reino Unido (11,5 %), seguidos de otros países como Italia (7,5 %), Argelia 4,2 %), Turquía (4,1 %) y Bélgica (3,4 %), entre otros. La mayoría de las exportaciones de España se centran en la misma zona del euro, siendo directamente sensibles a los cambios y las situaciones en el mercado europeo. La diversificación en países fuera de la zona euro es muy escasa, en el continente americano tiene presencia en México (1.7 %) y en Oceanía tenemos a Australia (1.4 %) (ANFAC, 2013).

Tabla 5.1: Producción global de motores de vehículos

2007			2008			2009			2010			2011			2012		
	Total	Rank		Total	Rank		Total	Rank		Total	Rank		Total	Rank		Total	Rank
Japan	11,596,327	1	Japan	11,575,644	1	Japan	7,934,057	2	Japan	9,628,920	2	Japan	8,398,630	3	Japan	9,943,077	3
USA	10,780,729	2	USA	8,672,141	3	USA	5,709,431	3	USA	7,743,093	3	USA	8,661,535	2	USA	10,335,765	2
China	8,882,456	3	China	9,299,180	2	China	13,790,994	1	China	18,264,761	1	China	18,418,876	1	China	19,271,808	1
Germany	6,213,460	4	Germany	6,045,730	4	Germany	5,209,857	4	Germany	5,905,985	4	Germany	6,146,948	4	Germany	5,649,260	4
South Korea	4,086,308	5	South Korea	3,826,682	5	South Korea	3,512,926	5	South Korea	4,271,741	5	South Korea	4,657,094	5	South Korea	4,561,766	5
France	3,015,854	6	France	2,568,978	7	France	2,047,693	9	France	2,229,421	10	France	2,242,928	10	France	*2,429,142	*10
Brazil	2,977,150	7	Brazil	3,215,976	6	Brazil	3,182,923	6	Brazil	3,381,728	7	Brazil	3,407,861	7	Brazil	3,402,508	7
Spain	2,889,703	8	Spain	2,541,644	8	Spain	2,170,078	8	Spain	2,387,900	8	Spain	2,373,329	9	Spain	**2,463,364	**9
Canada	2,578,790	9	Mexico	2,167,944	10	Mexico	1,561,052	10	Mexico	2,342,282	9	Mexico	2,681,050	8	Mexico	3,001,814	8
India	2,253,729	10	India	2,332,328	9	India	2,641,550	7	India	3,557,073	6	India	3,927,411	6	India	4,174,713	6

Fuente: Elaboración propia basada en estadísticas de OICA. *Thailand **Canada

El primer automóvil fue patentado en 1886 por Carl Benz, pero, a pesar de la cercanía, España tuvo un comienzo lento en la producción de vehículos, debido a las dificultades económicas. Singularmente, años más tarde trataría de adherirse a la fiebre estadounidense de la cadena de montaje de producción en masa. En un mercado nuevo con tantos avances tecnológicos, España enfrentaba una escasez de profesionales cualificados. A pesar de que en el período de

1886 hasta 1919 proliferaron muchos pequeños fabricantes de piezas, no fue sino hasta 1920 que la revolución automotriz comenzó con el establecimiento de los motores Ford, en Cádiz, y General Motors, en Málaga, en 1925 (Catalán 2000, García 2003).

En 1936, la industria sufriría una disminución en la producción debido a la Guerra Civil, por lo que España no despegaría hasta años después cuando nuevas empresas como SEAT, ENASA y FASA-Renault se establecieran.

En los últimos años, España ha sufrido diferentes cambios en el gobierno, sumado a una cierta inestabilidad. Además, el estallido de la burbuja inmobiliaria provocó que el gobierno lanzara un plan para apoyar a la industria del automóvil. La ayuda gubernamental al sector ha sido continua a través de planes como PIVE, 2000E o VIVE, que buscan mantener las ventas del sector y garantizar su supervivencia. Las medidas han buscado aliviar el efecto degenerativo de la situación económica. El plan VIVE busca mejorar los sistemas de producción, así como la mejora y la reestructuración de nuevos procesos y técnicas de producción, buscando reducir los costes.

Los nuevos planes para ayudar al sector se centran en seguir las políticas medioambientales europeas, que buscan promover vehículos que respeten el medio ambiente y el uso de tecnologías renovables.

Según los datos de 2015, la industria automotriz española se centra, principalmente, en las siguientes regiones: Aragón (13,16 %), Castilla y León (18,20 %), Cataluña (20,77 %), Comunidad de Valencia (14,21 %), Madrid (4,22 %), Galicia (14.89 %), País Vasco (3.63 %) y Navarra (10.92 %). Además, el 80 % de los vehículos fabricados se exportan, con una producción total de vehículos de 2,7 millones (ANFAC, 2015).

Análisis de la industria automotriz

Un sector competitivo, a menudo, depende de que sus empresas alcancen su potencial de producción y minimicen el desperdicio. Si nos centramos en el crecimiento de los rendimientos de los factores empleados, las empresas más competitivas pueden atraer recursos de empresas menos competitivas. Mantener la competitividad a largo plazo implica prestar atención a las perspectivas de crecimiento asociadas con las innovaciones necesarias para seguir empujando la continua competitividad, además de los aumentos de eficiencia necesarios para garantizar

que las tecnologías implementadas puedan tener éxito. El sector automotriz en las economías emergentes y maduras es un caso clásico. En la mayoría de los casos, la expansión de la fortuna económica de una nación es alimentada por el sector automotriz, que se basa en una importante base de capital, además de ser un importante empleador de la economía y un importante contribuyente al PIB de la nación.

En las 60 marcas mas importantes del mundo están englobadas 14 marcas paraguas; BMW group (BMW, Mini, Rolls-Royce), Daimler (Mercedes-Benz, Smart), FCA la cual dos marcas engloban otras a su vez Chrysler (Jeep, RAM, Dodge) y Fiat (Maserati, Lancia, Alfa Romeo), Ford (Ford, The Lincoln mortos company), GM (Chevrolet, Cadillac, Wuling motors, GMC, Buick, Baojun, Holden), Geely (Geely, Volvo, The London Taxi company, Lynk and Co), Hyundai (Hyundai, Kia, Genesis), Honda (Acura, Honda), Nissan(Infiniti, Datsun, Nissan), PSA (Vauxhall, DS Automobiles, Opel, Citroen, Peugeot), Tata (Land Rover, Tata motors, Jaguar), Toyota (Daihatsu, Lexus, Toyota), Renault (Alpine, Dacia, Lada, Samsumng, Renault, Venucia), Volkswagen (Seat, Skoda, Bugatti, Bentley, Audi, Volkswagen, Porsche, Lamborguini).

En el caso de la economía española, la eficiencia técnica de la industria automotriz no se ha medido ni se han analizado los factores que influyen en la eficiencia.

El caso de la eficiencia de las empresas automotrices en España ha sido poco estudiado, escasos estudios se han centrado en la productividad y la eficiencia de la industria automotriz española. Podemos considerar que un agente es eficiente cuando se procede a la utilización máxima de los recursos disponibles para una empresa (Koopmans, 1951).

Clark *et al.* (1987) analizan el sector del automóvil en el mundo y diferentes tipos de productividad, así como el impacto de las diferentes calidades de los productos. Su investigación utiliza funciones que se aplican al momento en que se lleva a cabo un proceso productivo.

Aunque muchos autores centran su investigación en un análisis cuantitativo de las empresas del sector, otros analizan las conexiones y relaciones de países con una marcada trayectoria en la fabricación de vehículos. Esto se debe a que ciertos países se centran más en la fabricación de ciertas piezas, encargando su realización a empresas externas a la misma. Martin *et al.* (1995) comparan la relación comprador-proveedor con fabricantes de componentes en Japón y

Estados Unidos y sugieren que algunos ensambladores importantes para empresas japonesas estén ubicados en Canadá, EE. UU. y México. Por otro lado, Chung *et al.* (2003) analizan la gran inversión en el sector automotriz estadounidense y concluyen que los productores locales de componentes no crecen tan rápido como para surtir a los ensambladores japoneses. Corsten *et al.* (2011) analizan las relaciones proveedor-comprador y el efecto que tiene en las variables cualitativas de las empresas. Además, otros autores como Blenkhorn y Banting (1991), Cusumano y Takeishi (1991), Florida y Kenney (1993) y Nishiguchi (1994) estudian la relación comprador-proveedor y la estrategia industrial en la industria.

Uno de los pocos estudios que analiza la eficiencia de la industria en España es Gumbau (1998), que utilizó la misma base de datos utilizada en esta investigación en un periodo de tiempo distinto para analizar la industria española en el período de 1991 a 1994. El investigador utiliza la metodología de eficiencia técnica analizando la de las empresas por frontera estocástica. Los puntajes de esta difieren del tipo de truncamiento: en el caso de un modelo seminormal, las eficiencias son en 1991 (0,76 %), en 1992 (0,77 %), en 1993 (0,74 %), en 1994 (0,77 %), mientras que en el caso de un modelo truncado estándar, en 1991 (0,83 %), en 1992 (0,84 %), en 1993 (0,82 %) y en 1994 (0,83 %). En este estudio podemos observar una desigualdad en las eficiencias, dadas las suposiciones que se aplican en cada estimación.

El interés en estudiar el sector del automóvil ha llevado a diferentes autores a utilizar diferentes metodologías para comprender la eficiencia y la productividad de esta industria. Entrando en la productividad dinámica para plantas automotrices Baily *et al.* (1992) hacen una descomposición de la productividad por diferentes períodos de tiempo.

Holweg *et al.* (2005) aplican un sistema “a medida” en el que simulan una cadena de suministro en diferentes niveles de la fase de producción. Con ese estudio, intentan mejorar los sistemas de programación existentes para ser más efectivos en el suministro de la cadena. De manera correspondiente, Sahu *et al.* (2016) analizaron 465 empresas que operan en el mercado indio. En el estudio, aplicaron una función de frontera estocástica en la que se calcula el modelo por la máxima verosimilitud, siendo la eficiencia técnica un producto exponencial. Como muchos autores que utilizan el marco de eficiencia utilizan una distribución normal truncada.

Revisamos la literatura que se enfoca en estudios de eficiencia relacionados, así como en

cuestiones y características externas que pueden afectar la industria automotriz. Aquí es donde se incluye un componente dinámico, que trata de analizar las características inobservables de la industria.

Los gerentes de operaciones de motores de vehículos pueden comparar el rendimiento de sus fábricas con el sector, y las variables que influyen en la eficiencia se trabajan más a fondo, para proporcionar una mayor fuente de herramientas, por lo que los gerentes pueden tomar decisiones que se ajusten a su caso.

5.3. Metodología

El modelo de eficiencia se calcula utilizando los modelos de eficiencia dinámica, que se detallan a continuación. Aquí proporcionamos una revisión de la cadena de Markov Monte Carlo (MCMC), de los modelos dinámicos, así como de la calibración de las funciones de densidad probabilística. La introducción al muestreo de Gibbs se realizó para problemas muy complejos, como redes neuronales o estudios en los que se disponía de muestras pequeñas y se requería precisión.

En el muestreo de inferencia bayesiana se usa el algoritmo de Gibbs, que es un método de Markov Chain Monte Carlo, que genera secuencias de iteración para distribuciones posteriores. Este muestreo nos lleva al punto en el que la secuencia de variables converge en la distribución conjunta.

El algoritmo genera una muestra de secuencias de forma aleatoria de las distribuciones condicionales posteriores. Cada bloque, a su vez, es un bloque con los valores de los parámetros. Todo esto crea una cadena en el proceso de Markov.

En la literatura, Preston (1973) contribuyó a la resolución más directa del problema de los dos estados a través del proceso de Markov. Besag (1974) también utiliza los campos aleatorios de Markov, en el área de modelos paramétricos espaciales.

La simulación de Monte Carlo para el proceso de Markov se puede utilizar para encontrar la maximización de la estimación posterior, mientras que el muestreo por el algoritmo de Gibbs

sirve como un generador de iteraciones que nos da estimaciones con un error cuadrático medio mínimo. Un estimador óptimo bayesiano nos da una distribución posterior en la que se agrega el “algoritmo Metrópolis” para estabilizar el modelo estocástico, lo que es de gran ayuda en los promedios de la evolución establecida y temporal. En cuestiones relacionadas con la física, este algoritmo ayuda más en cosas como el comportamiento de la temperatura de moléculas o átomos (Geman y Geman, 1984).

Una de las preguntas clave es: ¿cuántas iteraciones son necesarias para obtener el óptimo? En el estudio de Geman y Geman (1984) aplicado a imágenes, se pudo observar cómo en un mapa al que se le agregó ruido blanco al hacer una serie de iteraciones muy bajas los resultados no fueron buenos, pero cuando el número de iteraciones aumentó, los resultados se ajustaron mejor. Raftery y Lewis (1992) sugieren que la mala parametrización puede conducir a ineficiencias en el muestreo de Gibbs.

Sin embargo, para realizar un proceso robusto en series de tiempo, por ejemplo, (Gelfand 1990, Raftery y Lewis 1992) es necesario usar ventanas espectrales y anchos de ventana para trabajar con muestras sucesivas de datos. El espectro se estima en cero.

Los modelos de eficiencia se han utilizado tradicionalmente para medir las empresas y su capacidad de recursos de gestión. Asimismo, han permitido a los responsables de la toma de decisiones elegir con mayor precisión sus medidas para incentivar a la industria. Estos modelos nos permiten conocer el efecto de los determinantes de la eficiencia y tener una noción más precisa de la realidad. Usando la notación de Tsionas (2006), la medida de ineficiencia general se resume mejor mediante la ecuación (5.1).

$$\begin{aligned}
 p(y, u|X, Z, \theta) = & (2\pi\sigma^2)^{-nT/2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (y_{it} + u_{it} - x'_{it}\beta)^2\right] \\
 & x(2\pi\omega^2)^{-nT/2} \exp\left[-\frac{1}{2\omega^2} \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T (\log u_{it} - z'_{it}\gamma - \rho \log u_{i,t-1})^2 - \log u_{it}\right] \\
 & x(1 - \rho^2)^{n/2} \exp\left[-\frac{1 - \rho^2}{2\omega^2} \sum_{i=1}^n (\log u_{i1} - z'_{i1}\gamma/(1 - \rho))^2 - \log u_{i1}\right]
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

La ecuación (5.1) es la función de verosimilitud aumentada, que incorpora los *priors* de las

variables latentes mediante la aplicación del teorema de Bayes.

Implementamos la función *input* distancia-orientada propuesta por Coelli y Perelman (1996), que está dada por $\log D_I(x_{it}, y_{it}, t; \beta) = v_{it} - u_{it}$, donde $u_{it} = \log(TE_{it})$ que se pone en una forma estimable como:

$$\log y_{it}^m = -\log D_I(x_{it}, \frac{y_{it}}{y_{it}^m}, t; \beta) + v_{it} + \log(TE_{it}) \quad (5.2)$$

Las ventajas de la función de distancia es que la forma funcional es flexible y, a su vez, estamos imponiendo homogeneidad. La función *output* distancia-orientada se ha creado utilizando las horas de trabajo.

El modelo considerado en este documento se aplica a los datos del panel y está dado por lo siguiente:

$$\begin{aligned} \log D_{Iit}(x_{it}, y_{it}, t) &= \alpha_{it} + \sum_k \alpha_k \log(x_{kit}) + \sum_l \beta_l \log(x_{lit}) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \alpha_{kj} \log(x_{kit}) \log(x_{jit}) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_l \sum_h \beta_{lh} \log(y_{lit}) \log(y_{hit}) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \xi_{kl} \log(x_{kit}) \log(y_{lit}) \\ &+ \eta_1 t + \eta_2 t^2 + v_{it} - u_{it} \\ v_{it} &\sim N(0, \tau), \alpha_{it} \sim N(0, \omega) \\ t &= 1, \dots, T, i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Aquí, T es el número de observaciones para la empresa i , D_{Iit} es el valor de la variable dependiente, x_{it} es un vector $(K \times 1)$ de variables explicativas, β es un vector $(K \times 1)$ de parámetros, v_{it} , el error de medición y u_{it} , el componente de ineficiencia del término de error, siendo variables aleatorias no negativas independientes.

Además, τ es el parámetro de precisión del componente de ruido del término de error, ω es el parámetro de precisión del término de error del grupo específico, s_{it} es la variable de estado

oculta, que es una transformación monótona del componente de error de ineficiencia $s_{it} = f(u_{it})$, $s_{it} = z'_{it}\delta + \rho s_{i,t-1} + \xi_{it}$ donde $\xi_{it} \sim N(0, \phi)$. El proceso autorregresivo $s_{i1} = \frac{z'_{i1}\delta}{1-\rho} + \xi_{i1}$ donde $\xi_{i1} \sim N(0, \phi(1-\rho)^2)$, sigue un $s_{it} = \log(u_{it})$, una distribución normal. Nuestra suposición de proceso autorregresivo de u_{it} es un error consistente y autocorrelacionado.

Además, se supone que tanto v_{it} como u_i son independientes del vector x_{it} , z_{it} a $(L \times 1)$ de los determinantes de la ineficiencia, δ a $(L \times 1)$, vector asociado con las variables z_{it} , ϕ es el parámetro de precisión del término de error de la variable de estado, t y t^2 son las variables que pueden medir el cambio tecnológico, ρ mide la persistencia de la ineficiencia, es decir, característica estructural del modelo, como las características intrínsecas del agente de toma de decisiones. Con base en la distribución posterior, podemos usar el muestreo de Gibbs para realizar los cálculos.

5.4. Selección y descripción de datos

Esta investigación mide la eficiencia de 14 comunidades autónomas en la industria automotriz en España. Se incluyen: Andalucía, Aragón, Cantabria, Castilla-la Mancha, Castilla y León, Murcia, Cataluña, Madrid, Navarra, Extremadura, La Rioja, País vasco, Principado de Asturias, Galicia. Se excluyen: Islas Baleares, Islas Canarias y Ceuta y Melilla. El período de tiempo de datos anual es de 2003 a 2013.

Se utilizó un conjunto de datos de panel no balanceados de 143 empresas españolas de la industria del automóvil. Para estimar una función de producción de frontera dinámica, se usa la encuesta de estrategias empresariales, que fue diseñada por el programa de investigación económica (PIE) de la Fundación de la Compañía Pública (FEP), patrocinada por el Ministerio de Industria y Energía. La encuesta sobre estrategias comerciales recopiló la información de cada empresa en un año determinado y evaluó si la información es consistente con la obtenida en años anteriores. Nuestra muestra es representativa y los criterios de selección se dividen en grupos de arrastre: el primer grupo incluye empresas con más de 200 trabajadores y las empresas del segundo grupo, de entre 10 y 200 trabajadores, fueron seleccionadas por muestreo estratificado, proporcional con restricciones e inicio aleatorio sistemático, con el

objetivo de obtener una muestra representativa.

Los datos para los modelos de eficiencia dinámica incluyen tanto factores *input* como *outputs*, a partir de los cuales se determinan las medidas de ineficiencia que afectan a la industria. La elección de las variables *input* y *output* en la industria del vehículo se basó en la literatura.

Los datos del *output* están compuestos por recursos comunes:

- ▷ **Web sales** (y_1) Esta variable se creó como la suma de las ventas de los consumidores finales en la web y las ventas a las empresas.
- ▷ **Added value** (y_2) (valor deflactado). Expresado en euros. Incluye: La suma de las ventas, los cambios en los inventarios y los servicios externos. Lo usan autores como Bailey *et al.* (1992) y Gumbau (1998).

Hay tres categorías de *inputs*:

- ▷ **Intermediate consumption** (x_1) (valor deflactado). Expresado en euros. Incluye: bienes y servicios que se utilizan en el proceso de fabricación de nuevos productos. Lo usan autores como Bailey *et al.* (1992).
- ▷ **Capital** (x_2) (valor contable deflactado). Expresado en euros. Incluye: El valor total de los activos fijos menos la amortización y las provisiones. Es utilizado por autores como Gumbau (1998).
- ▷ **Labor** (x_3) (expresado en horas). Esta variable se calcula como la suma de las horas trabajadas más horas extras menos horas no trabajadas. Autores como Bailey *et al.* (1992) y Gumbau (1998) utilizaron la cantidad de empleados para estimar sus modelos.
- ▷ **Time**(t y t^2) Esta variable ha sido creada para capturar el cambio tecnológico. En el sentido neutral de Hicks.

Las variables que tienen un efecto sobre la ineficiencia se incluyen:

- ▷ **Market dynamism** (z_1) (categórico). Indica el dinamismo del mercado principal en relación con la empresa durante el año. Los estados categóricos de la variable son tres: Expansivo, Estable, Recesivo.
- ▷ **Technological effort** (z_2) (porcentaje). Es el porcentaje del gasto total en I+D y las importaciones de tecnología representando las ventas totales.
- ▷ **Product Innovation** (z_3) (categórico). Cuando la empresa tiene un valor de innovación de producto 1, se toma 0, de lo contrario.
- ▷ **Number of competitors** (z_4) (categórico). Esta variable identifica el número de competidores para cada empresa en el área del mercado.
- ▷ **Participation in other firms** (z_5) (porcentaje). Es el porcentaje de participación de capital en el stock de capital de una empresa con innovación tecnológica.

Las variables informadas se han deflactado utilizando el índice de deflación del PIB del Banco Mundial para España. Todas las variables están en logaritmos. En la tabla 5.2, informamos los estadísticos descriptivos de las principales variables que utilizamos en nuestros modelos de regresión donde se incluyen los promedios y las desviaciones estándar para cada factor de *output* y *input* en cada uno de los 10 años de esta investigación. En todas las variables, la desviación estándar es grande en comparación con la media y la razón es la alta dispersión entre el tamaño de las empresas.

Tabla 5.2: Estadísticas descriptivas

Variable	Mean	Sd.dev.	Minimum	Maximum
x_1	3.55262e+008	282169226.7	6381	2973695694
x_2	355262301.7	1093549028	13375	6496307129
x_3	1502.6519	3564.161275	3	24877
y_1	57452665.8	177001198	0.1	3480410576
y_2	1.064789	0.422329	0,1	3

En general, incluimos en la estimación un regresor adicional para capturar el cambio técnico. En el proceso de generación, utilizamos el muestreo de Gibbs con 80,000 iteraciones; las primeras 10,000 se descartaron en una fase inicial para reducir el impacto negativo de las

convergencias rápidas. Para analizar la convergencia utilizamos el diagnóstico de Geweke (1992).

5.5. Resultados y discusiones

En esta sección, llevamos a cabo una evaluación general de los datos de la industria automotriz en las comunidades autónomas en España que incluye la ineficiencia técnica promedio y la ineficiencia regional.

Aplicamos el modelo dinámico de frontera estocástica descrito en la sección de metodología para datos de panel de la industria española, para el período de 2003 a 2013. En el caso de España, donde la industria se derrumbó en 1950, creció rápidamente en tan solo 30 años. Hoy en día es considerado un fabricante poderoso y un pionero en la innovación. La ubicación de las plantas de motores de los vehículos se centra en 9 regiones: Andalucía, Aragón, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Madrid, Navarra, País Vasco y Valencia.

Las principales empresas automotrices por región son: Andalucía (Santana), Aragón (Opel), Castilla y León (Renault, Nissan), Cataluña (Seat, Nissan), Galicia (Citroën), Madrid (Iveco, Peugeot), Navarra (Volkswagen), País Vasco (Mercedes) y Valencia (Ford). De hecho, tenemos otras regiones, pero la concentración es menor.

En consecuencia, es necesario reducir la composición de la industria en la que podemos separarnos: carrocería, equipos de chasis, equipos eléctricos, de motor, neumáticos y llantas, rodamientos, plásticos y productos químicos. El análisis del sector del automóvil es algo complejo, un fabricante y ensamblador de vehículos necesita cientos de proveedores, un automóvil moderno se compone de miles de piezas, lo que significa una gran complejidad operativa.

En el apéndice la tabla D.1 presenta los resultados de ineficiencia de las empresas de nuestra muestra. Las cinco columnas contienen momentos posteriores de eficiencia que el modelo establece dado el nivel del *output*. Naturalmente, el marco de los modelos dinámicos desarrolla un modelo que considera el impacto en la eficiencia de las decisiones humanas.

Dada la reciente caída del sistema español, es evidente que las empresas de la industria del automóvil se han visto afectadas por la situación económica. En la tabla D.2, podemos observar variaciones en los coeficientes de ineficiencia a lo largo del tiempo. Se deben tomar en cuenta las promociones del gobierno; en el período de 2004 a 2012, el gobierno español promovió nuevas medidas para combustibles alternativos y tecnologías que incluyen: hidrógeno, celdas de combustible y gas natural, entre otros. En 2010, una nueva promoción incluye los vehículos eléctricos. Estos actos de rescate se pueden justificar en función de la inestabilidad del sector. El gobierno aumentó las medidas para incentivar el transporte público y privado. El objetivo principal era renovar los vehículos viejos e impulsar el consumo.

Nuestra evaluación empírica se divide en dos partes. Para empezar, en la función, incluimos un panel de datos de autorregresión para dar endogeneidad a las variables. Además, la función de distancia logarítmica da firmeza a la estimación. El estimador bayesiano evaluó los cambios temporales en los niveles de eficiencia de las empresas y recogió factores no cuantificables como “decisiones humanas” u otro ruido blanco aleatorio.

Nuestros *outputs* son ventas web (y_1) y valor agregado (y_2). Nuestros *inputs* son consumos intermedios (x_1), capital (x_2) y mano de obra. Con el fin de transformar la función de distancia, se utilizó la variable trabajo. Al inspeccionar las estimaciones de los parámetros, podemos observar que los signos son adecuados, esperamos signos negativos en los *outputs* y signos positivos en los *inputs* como consecuencia de la transformación de la función orientada a la distancia.

El valor posterior promedio de ρ es 0,92, lo que significa que la persistencia de la ineficiencia se ajusta relativamente rápido al óptimo.

La segunda parte está formada por z_{it} . Este vector contiene variables explicativas relacionadas con la característica de la gestión empresarial y, en este, se incluye un término de intercepto. Como puede observar en la tabla D.1, tenemos cinco variables explicativas relacionadas con la inoperancia de las empresas: dinamismo de mercado (z_1), esfuerzo tecnológico (z_2), innovación de productos (z_3), número de competidores (z_4) y participación en otras empresas (z_5). En general, la interpretación del modelo de regresión dinámica sugiere lo siguiente:

El dinamismo del mercado (z_1) se encarga de analizar el dinamismo de los mercados en el

tiempo. Un valor negativo nos indica un aumento de las exportaciones. Otros sectores se vieron afectados dada la crisis económica, pero el caso de este sector es excepcional. Es una industria con bastante peso en España y uno de los mayores referentes en el mundo, pero la mayor parte de lo que produce se destina a otros países por lo que se registra un buen comportamiento de los precios dada la diversidad de las exportaciones. Asimismo, el gobierno de España con el fin de mitigar los efectos abruptos de la competitividad, ejecuto medidas anti-cíclicas con programas para incentivar el consumo.

En el caso del esfuerzo tecnológico, como se espera, presenta un signo negativo, lo que se interpreta como que los esfuerzos de las empresas del automóvil en incluir esfuerzos tecnológicos (z_2) mejoran la eficiencia. La mecanización de la industria con el uso de brazos robóticos, producción masiva, o automóviles con mayor autonomía ha ayudado a reducir los costes. Uno de los retos de la industria ha sido en invertir en tecnologías que ayuden a sustituir a los trabajadores y a su vez rentabilizar el espacio mediante una producción continua. Cabe resaltar que en Europa las potencias en la fabricación de automóviles son Alemania, Francia, Italia y España. Los costes salariales en estos países son mucho más elevados que en España. Si bien el esfuerzo tecnológico es importante en la eficiencia de la industria no podemos dejar de lado la gestión de personal, lo que hará que un trabajador cualificado preferirá trabajar en empresas Alemanas o Francesas.

Del mismo modo, el valor significativamente negativo en la innovación del producto (z_3) está relacionado con el esfuerzo tecnológico (z_2). La innovación va más allá del impulso que esta teniendo la industria hacia los motores eléctricos. Muchos fabricantes se centran en pequeños detalles que aumentan la eficiencia del coche, como respiraderos para mejorar la circulación del coche o ruedas para disminuir la fricción y reducir el consumo. Con los costes del combustible, el sector se enfrenta a una continua inversión. La autonomía es una apuesta clave mientras el mercado se adapta a los coches eléctricos.

La variable número de competidores (z_4) se interpreta que cuanto la competencia es mas fuerte la eficiencia es mayor. La competencia tiene una fuerte relación con el mercado lo que hace mejorar el producto y la competitividad. La industria automotriz tiene cientos de compañías, de estas cerca de 60 marcas son las que realmente tienen un peso en el mercado. Solo catorce

grupos tienen el control del mercado automotriz en el mundo por lo que la industria esta concentrada en pocos grupos.

Sin embargo, la participación en otras empresas (z_5) tiene un signo positivo, lo que implica que el capital de inversión en otra empresa no mejora la eficiencia. Si bien el invertir en una empresa eterna no representa una eficiencia interna, podemos identificar alianzas como la de Renault-Nissan en las cuales las sinergias producidas ha llevado a disminuir costes.

En general, generamos un análisis dinámico de frontera estocástica usando la inferencia bayesiana para estimar el modelo y obtuvimos una ineficiencia global del 0,78 %.

La figura 5.1 informa la ineficiencia dinámica promedio separada por comunidades autónomas. Esta figura muestra que la ineficiencia regional promedio del sector español de la industria automotriz en su conjunto es del 78,9 %. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre las regiones.

Para entender las diferencias entre las regiones y los cambios políticos del gobierno español, en el apéndice de la tabla D.2, informamos de la ineficiencia técnica por año y el número de empresas. La tabla se explica por sí misma, pero como podemos observar, la industria del vehículo se concentra en Cataluña, País Vasco, Madrid y Castilla.

Para evaluar la importancia del modelo, hemos calculado los factores de Bayes en el modelo dinámico de ineficiencia. El nivel de dichos factores está en valores normales, por el producto cruzado de las ventas web y los consumos intermedios, en los cuales el coeficiente es elevado. La probabilidad marginal en la estimación es una aproximación según Lewis y Raftery y la metodología de Chib y Jeliazkov.

5.6. Conclusiones

El artículo presenta un modelo de ineficiencia de frontera estocástica con enfoque bayesiano que usa una función de distancia orientada translog para analizar la variabilidad temporal mediante el uso de datos de panel. En el modelo, utilizamos el algoritmo de Gibbs y la cadena Monte Carlo para implementar inferencia bayesiana. Asimismo, el proceso de generación

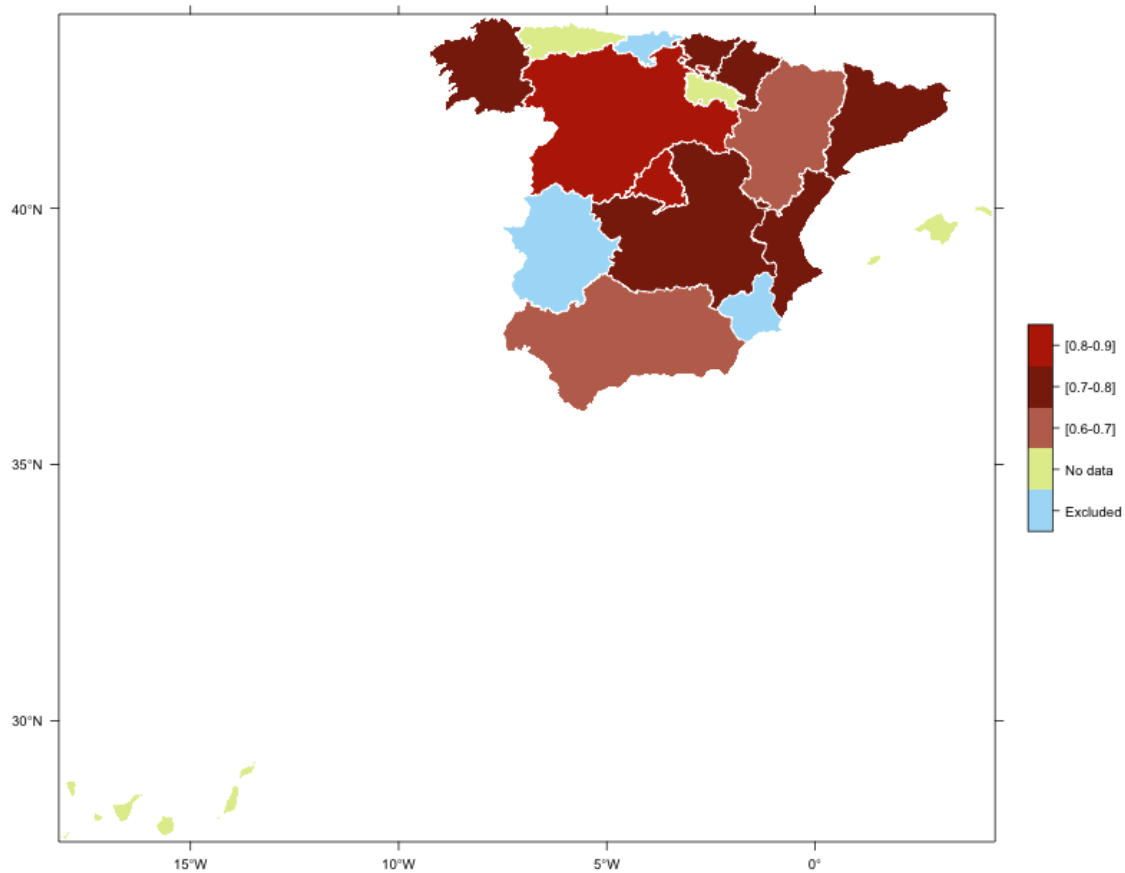


Figura 5.1: Eficiencia dinámica global por comunidades autónomas (2003-2013)

de datos genera resultados confiables. Los estimadores bayesianos, dados los antecedentes, evalúan el efecto temporal de la industria automotriz en periodo de 2003 hasta 2013.

Desde una perspectiva organizacional, este estudio tiene como objetivo contribuir a la poca información de eficiencia regional. Nuestros resultados de regresión sugieren que las reformas económicas han tenido un impacto en la industria española.

Por otro lado, cabe señalar que las exportaciones de España se centran en Europa, especialmente en Francia, Alemania, Reino Unido e Italia, lo que la hace muy sensible a las regulaciones europeas, como pueden ser las políticas de reducción de emisiones. Aunque las regulaciones comerciales son una ventaja, se debe tener en cuenta que las reglas de reducción de emisiones de CO_2 no afectan por igual a todos los países de la Unión Europea. Esto se debe a que el mercado está diversificado. Por ejemplo, la producción de vehículos de alta gama que son más

“amigables” con el medio ambiente se centra en países como Alemania. En este caso, Alemania disfrutaría de una ventaja competitiva, lo que reduciría la competitividad intracomunitaria.

Hoy en día, la mecanización de los procesos hace que variables como la ubicación de los proveedores, el coste laboral y las políticas salariales sean un objeto de interés. En el caso español, cerca de las fábricas, generalmente, hay proveedores que suministran, reduciendo el coste de la distancia. Además, algunos fabricantes están especializados en piezas individuales, software, diseño y otros en el ensamblaje de cada parte del automóvil. El salario es otro gran tema: España en comparación con el resto de Europa sufre un salario precario, lo que impulsa a que muchas empresas se ubiquen en la península.

Nuestros hallazgos encontraron un progreso técnico en el modelo que muestra una tendencia a la baja. Este hallazgo sugiere que el cambio de eficiencia podría ser importante en la industria de los motores de vehículos.

En general, la aplicación de nuestros resultados muestra que la metodología de ineficiencia dinámica permite capturar comportamientos no observados y, utilizando el marco de análisis frontera estocástica, podemos evaluar las variables que afectan a esta industria. Asimismo, en este estudio, queremos cubrir anomalías en variables que no pueden ser controladas donde los métodos tradicionales no pueden llegar. Creemos que estos resultados serán útiles para que los encargados de formular políticas, los investigadores y las empresas evalúen y tomen decisiones rápidas sobre el sector, en el que, a veces, el tipo de trámites burocráticos ralentiza la toma de decisiones.

Bibliografía

- [1] ANFAC(2013), "*ANFAC RESEARCH INFORMES*", El automóvil: balanza comercial positiva y diversificación de mercados.
- [2] ANFAC(2015), "*Memoria ANFAC 2015*", Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones.
- [3] AHN, S. C., & SICKLES, R. C.(2000), "*Estimation of long-run inefficiency levels: a dynamic frontier approach*", *Econometric Reviews*, 19(4), 461-492.
- [4] COELLI,T AND PERELMAN, S.(1996), "*Efficiency measurement, multiple-output technologies and distance functions: with application to european railways*",CREPP 96/05, Université de Liège.
- [5] BAILY, M. N., C. HULTEN, AND D. CAMPBELL(1992), "*Productivity Dynamics in Manufacturing Plants*", *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics 1992*: 187-267.
- [6] BESAG, J.E.,(1974), "*Spatial interaction and the statistical analysis of lattice systems*", *Journal of the Royal Statistical Society B* 36, 192-236.
- [7] BENHABIB, J., & SPIEGEL, M. M.(1994), "*The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data*",*Journal of Monetary economics*, 34(2), 143-173.
- [8] BECKER, GARY S.(1964), "*Human capita*",Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research, New York.

-
- [9] BLENKHORN, D. L. AND P. M. BANTING(1991), "*How reverse marketing changes buyer-seller roles*", *Industrial Marketing Management*, 20, pp. 185-191.
- [10] CHUNG, W, W. MITCHELL, AND B. YEUNG(1997), "*Foreign Direct Investment and Host Country Productivity: The Case of the American Automotive Components Industry*", Paper presented at the Allied Social Science Associations held in New Orleans.
- [11] CLARK, K.B., CHEW, B.W. AND FUJIMOTO, T.(1987), "*Product development in the world auto industry*", *Brookings Papers on Economic Activity* 3: 729-771.
- [12] CORSTEN, D., GRUEN, T., & PEYINGHAUS, M.(2011), "*The effects of supplier-to-buyer identification on operational performance.-An empirical investigation of inter-organizational identification in automotive relationships*", *Journal of Operations Management*, 29(6), 549-560.
- [13] CUSUMANO, M. A., AND A. TAKEISHI(1991), "*Supplier Relations and Management: A Survey of Japanese, Japanese-Transplant, and U.S. Auto Plants*",*Strategic Management Journal* 12 (8): 563-588.
- [14] DIAMOND, P.(1965), "*National Debt in a Neoclassical Growth Model*", *American Economic Review*, 55,1126-1150.
- [15] ELLUL, J.(1990), "*La technique ou l'enjeu du siècle*",París: Economica.
- [16] FLORIDA, R. AND M. KENNEY(1993), "*Beyond Mass Production: The Japanese System and Its Transfer to the U.S*", Oxford University Press, New York.
- [17] GELFAND, A. E., HILLS, S. E., RACINE-POON, A., & SMITH, A. F.(1990), "*Illustration of Bayesian inference in normal data models using Gibbs sampling*", *Journal of the American Statistical Association*, 85(412), 972-985.
- [18] GEMAN, S. AND GEMAN, D.(1984), "*Stochastic relaxation, Gibbs distributions and the Bayesian restoration of images*",*I.E.E.E. Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence* 6, 721-741.

- [19] GUMBAU A., M.(1998), "*La eficiencia técnica de la industria española*", Revista española de economía, 15(1), 067-84.
- [20] HOLWEG, M., DISNEY, S. M., HINES, P., & NAIM, M. M.(2005), "*Towards responsive vehicle supply: a simulation-based investigation into automotive scheduling systems*", Journal of Operations Management, 23(5), 507-530.
- [21] KOOPMANS, T.C.(1951), "*An analysis of production as an efficient combination of activities, Activity Analysis of Production and Allocation*". Jhon Wiley and Sons, Inc.
- [22] LUCAS, R.E.(1988), "*On the mechanics of economic development*", Journal of Monetary Economics 22, 3-42.
- [23] MARTIN, X., MITCHELL, W. AND SWAMINATHAN, A.(1995), "*Recreating and extending Japanese automobile buyer-supplier links in North America*", Strategic Management Journal 16: 580-619.
- [24] NISHIGUCHI, T.(1994), "*Strategic Industrial Sourcing: The Japanese Advantage*", Oxford University Press, New York.
- [25] OICA(2015), "*Production 2015 Statistics*", Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles
- [26] PRESTON, C.J.(1973), "*Generalised Gibbs states and Markov random fields*", Advances in Applied Probability 5, 242-261.
- [27] PHELPS, E. S.(1961), "*The Golden Rule of Accumulation: A Fable for Growthmen*", American Economic Review, 51, 638-43.
- [28] RAFTERY, A. E., & LEWIS, S.(1992), "*How many iterations in the Gibbs sampler*", Bayesian statistics, 4(2), 763-773.
- [29] ROMER, PAUL M.(1986), "*Increasing returns and long-run growth*", Journal of Political Economy 94, 1002-1037.
- [30] SAHU, S. K., & ROY, I.(2016), "*Determinants of Outsourcing in the Automobile Sector in India*", Madras School of Economics, (No. 2016-151).

-
- [31] SCHULTZ, THEODORE W.,(1963), *"The economic value of education"*,Columbia University Press, New York.
- [32] SOLOW, R.M. (1956), *" A contribution to the theory of economic growth"*,Quarterly Journal of Economics 70, 65-94.
- [33] STEFANOU, S. E.(2009), *" A dynamic characterization of efficiency"*, Agricultural Economics Review, 10(1), 18.
- [34] TSIONAS, E. G.(2006), *" Inference in dynamic stochastic frontier models"*, Journal of Applied Econometrics 21 (5), 669-676.
- [35] UZAWA, H.(1965), *" Optimum technical change in an aggregative model of economic growth"*,International Economic Review 6, 18-31.

Capítulo 6

Resumen y Conclusiones

Tras el planteamiento de la estructura, la metodología de eficiencia, y los conceptos para la inferencia bayesiana, hemos hecho referencia a la situación de la industria del transporte en Europa, la economía de los países de la OECD, asimismo se ha analizado la industria textil y automotriz española.

Como resultado principal en el segundo capítulo, se estima la contribución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la eficiencia interna de los países de la OCDE durante el período 2004-2013. Mediante el uso de métodos SFA (análisis de frontera estocástica), este documento contribuye a la literatura al analizar el impacto de la TIC en la eficiencia de los países de la OCDE. Asimismo se han aportado interesantes resultados en relación con la teoría del Capital Humano.

Se analiza el impacto de los determinantes de la ineficiencia a través de dos perspectivas diferentes: el nivel de implementación de las TIC (uso de las TIC) y el nivel de innovación tecnológica (TIC). Nuestra investigación muestra que el uso de TIC y la producción de TIC son canales importantes para mejorar la eficiencia del país. Los resultados empíricos muestran que la dependencia externa de TIC tiene un impacto negativo en la eficiencia doméstica. El componente socioeconómico de los países marca una distancia de eficiencia la cual queda recogida en esta investigación.

Dicha investigación destaca el efecto inherente de las variables de las TIC como las patentes,

la alta tecnología o internet en los países, determinando el uso óptimo para que los legisladores puedan promover políticas para incentivar la competencia.

En el tercer capítulo se estima la eficiencia técnica para el sector del transporte europeo en el periodo 2004-2013. Para este fin, este estudio utilizó la metodología *SFA* (análisis de frontera estocástica).

A lo largo de este capítulo se analiza la eficiencia de los cuatro tipos de transporte en Europa, transporte aéreo, por carretera, ferrocarril y marítimo. Se contribuye a la literatura al analizar el efecto de las variables de gestión, incluidos los índices financieros y de responsabilidad, en la eficiencia del sector del transporte.

Los resultados globales de la eficiencia en el transporte son: transporte aéreo (0,644 %), transporte por carretera (0,725 %), transporte por ferrocarril (0,699 %) y transporte marítimo (0,731 %). La eficiencia en el transporte aéreo y ferrocarril son más bajos comparados con los otros sectores. En el caso del transporte por ferrocarril existe una fuerte relación con el gasto público del país y con la forma de gestión del gobierno.

Es evidente entonces que la gestión del proyecto transfronterizo Europeo ha carecido de una coordinación eficiente lo que lo ha llevado a unos constantes sobrecostos. Tal como se ha visto hay una clara diferencia en la infraestructura de los países de Europa central en relación con la estructura de los países del este. Estos países necesitan una inversión mucho mayor en el transporte de mercancías. Otra factor que se debe de tener en cuenta es el distinto ancho de vía, la accesibilidad a los puertos dada la geografía y la permeabilidad de los pirineos. Uno de los desafíos fue adaptar la longitud de los trenes a la media Europa, en el caso de España los trenes solían tener una media de 450m, se trato de adaptarlos a la media Europa que es de 750m.

En el caso de la industria del transporte marítimo los resultados indican que hay una mayor eficiencia en comparación con los otros tipos de transporte. Los resultados también sugieren que los resultados de las variables de gestión son factores clave para mejorar los niveles de eficiencia de la empresa en el sector del transporte.

Como se ha destacado en este capítulo, variables como Equity Performance y Labour Qualification tienen un impacto positivo en las empresas. Como es de esperar la eficiencia viene

determinada de una relación directa con la cualificación de los trabajadores. Por otra parte, la variable Equity Performance nos indica que cuando las empresas hacen inversiones con el dinero de los accionistas esto genera beneficios para las empresas, por lo que la gestión de activos mediante la inversión es eficiente.

Dada la situación de los mercados y en un sector como es el del transporte es de esperar que la variable Logistic Performance tenga un efecto positivo en este tipo de sector. En el caso de las empresas ferroviarias y marítimas la variable Operational Performance nos indica que estas empresas podría mejorar su eficiencia al reducir los costos directos de materiales y mano de obra de empleados. Los factores que se pueden atribuir a esta ineficiencia es el tiempo muerto de los trenes y los barcos, así como el desperdicio de materiales lo que hace que suban los costos. En efecto, es necesario desarrollar medidas que ayuden a optimizar el margen neto de utilidad en relación con el tiempo.

En el sector del transporte por ferrocarril observamos que la variable Financial Performance tiene un signo negativo. Este sector podría mejorar sus niveles de eficiencia con una planificación “real” de la financiación acorde a sus necesidades.

En el cuarto capítulo se ha contrastado la eficiencia en la industria textil y se ha estudiado su impacto por comunidades autónomas en un periodo relacionado con el estallido de la crisis. Para estimar los niveles de ineficiencia técnica se ha usado el modelo de Tsionas (2006) el cual usa inferencia bayesiana. Para dicho modelo se usa el algoritmo de Gibbs y la cadena de Markov Monte Carlo (MCMC). Se estima una frontera estocástica de producción de tipo tranlog para 157 empresas a lo largo del periodo 2007-2012.

Las ventajas del modelo de frontera estocástica dinámica de Tsionas (2006) empleado en la elaboración de este capítulo son varias. En primer lugar, y a diferencia de otros modelos como los de capítulos anteriores, es que para estimar el modelo se pueden usar muestras de datos pequeñas. Esto favorece la fiabilidad de los datos. Además el componente dinámico en el tiempo expresa fenómenos aleatorios no observables.

Si bien el proceso de análisis de la eficiencia es complicado, un análisis global de la eficiencia resultaría incompleto. Con dicho indicador podemos tener una idea general de cómo esta la industria pero necesitaríamos analizar el desempeño de la industria por regiones dada la

heterogeneidad de la muestra. La ventaja de esto es poder saber cuales son las zonas donde la industria tiene mayor peso y si se ven afectadas las economías de escala. Una industria centralizada engloba proveedores que desarrollan sus actividad en el núcleo principal, esto permite optimizar recursos, mejorar la logística y tener un mayor control de los procesos productivos.

La eficiencia de la industria textil en España fue un 0,63 %, siendo Extremadura (0,721 %) la región con mayor eficiencia y las regiones mas ineficientes fueron Andalucía (0,593 %) y Canarias (0,55 %). Aunque esta es la eficiencia global en el periodo total, al final del año 2012 comunidades autónomas como Castilla la Mancha y País Vasco tenían el índice de eficiencia más alto.

Como afirmaremos hay ciertas variables que tienen un peso en los niveles de eficiencia de las empresas. La variable innovación en un producto nos indica que la innovación ayuda a ser más eficientes. La industria textil en España ha experimentado un crecimiento pero la innovación en la industria textil se puede deber a la utilización de nuevos productos o máquinas. Este auge también se puede atribuir a las modas rápidas. Una empresa que se abrió mercado en las modas rápidas fue el grupo Inditex el cual rompió con las tradicionales modas estacionarias y creo las modas rápidas para rotar sus productos. Por otra parte, tenemos la variable nuevas técnicas de producción, esta variable nos indica que las nuevas técnicas de producción no se traducen en mejoras en la eficiencia. En este mismo sentido, muchas empresas han deslocalizado sus fábricas al sudeste asiático debido a los bajos costes salariales y las pocas regulaciones industriales en este sector.

La variable exportación como es de esperar, nos indica que la internalización de las empresas mejora la eficiencia. Finalmente, la variable uso de la capacidad se traduce como algo negativo, es decir, como se ha comentado antes muchas empresas han deslocalizado sus fábricas por lo que aumentar su uso de capacidad en España se traduciría como algo negativo.

En el quinto capítulo nos encontramos con un análisis a la industria automotriz española para el periodo 2003-2013. La metodología empleada en este capítulo es la de eficiencia dinámica mediante inferencia bayesiana. Mediante este análisis estadístico hemos podido seleccionar adecuadamente los *inputs* con respecto a el *multioutput* defendido en esta investigación. Con

los datos que se disponen en este estudio hemos podido efectuar una aproximación para poder entender el funcionamiento de la industria. En este propósito, la metodología bayesiana mediante la cadena de Markov Montecarlo y el algoritmo de Gibbs ayudan a dar resultados precisos con las muestras pequeñas.

Los resultados alcanzados arrojan una media para el sector automotriz del 0,78 %. Asimismo, como podemos ver en este estudio las empresas con mayor eficiencia se centran en Aragón, Castilla la Mancha, Cataluña, Madrid y País Vasco.

Hechas las consideraciones anteriores podemos observar ciertas variables que influyen en la eficiencia de la industria del automóvil. En este propósito la variable dinamismo del mercado nos indica que es una industria con una propensión muy alta a las exportaciones, por lo que no se ve afectada como otros sectores en el territorio español. La variable esfuerzo tecnológico tiene un efecto positivo en la eficiencia, es algo de esperar ya que es un sector que está continuamente innovando con el fin de producir en masa sus productos.

La competencia tiene un gran impacto en este sector, pese a que catorce grupos empresariales controlan la industria automotriz en el mundo, estos grupos no se encargan de la fabricación de todos los componentes. A los efectos de este, muchas empresas se benefician de alianzas para producir sinergias y economías de escala. En el caso de la variable participación en otras empresas hemos visto que esto no tiene una relación en la eficiencia de la empresa.

En definitiva, en esta investigación se hace un análisis inductivo para analizar la eficiencia de los países de la OCDE, para después analizar el transporte en Europa y finalizar con un análisis de la industria textil y automotriz en España. No obstante, el primer capítulo aportó datos sobre cómo se encuentra la economía y la adaptación de tecnologías en los países de la OCDE. La economía de los países viene dada en gran medida por cómo se gestiona el transporte, una mala gestión de las redes del transporte puede afectar la competitividad. En la investigación de los sectores del transporte se ha podido observar el comportamiento de la industria. Por último, hemos analizado el impacto de la industria textil y automotriz usando un marco metodológico que se adapta a muestras de datos pequeñas. De esta forma, he podido desglosar la eficiencia por comunidades autónomas y observar dónde se concentra la industria y si existe una relación con la eficiencia.

Apéndice

Apéndice A

Resultados OECD

Tabla A.1: Top 5 países más eficientes (2004-2013)

	TE
Germany	0.9880965
United Kingdom	0.9863787
France	0.9857903
Japan	0.9841132
Italy	0.9833775

Tabla A.2: Top 5 países menos eficientes (2004-2013)

	TE
Estonia	0.40201840
Czech Republic	0.85529380
Hungary	0.90571010
Chile	0.91976510
Finland	0.92615450

Tabla A.3: Eficiencia en los países de la OECD (2004-2013)

Country	TE	Rank
Germany	0.9880965	1
United Kingdom	0.9863787	2
France	0.9857903	3
Japan	0.9841132	4
Italy	0.9833775	5
United States	0.9832669	6
Switzerland	0.9831037	7
Canada	0.9822016	8
Belgium	0.9813579	9
Korea, Rep.	0.9799733	10
Netherlands	0.9762563	11
Austria	0.9761661	12
Spain	0.9744924	13
Sweden	0.9731404	14
Denmark	0.9726737	15
Greece	0.9618025	16
Israel	0.9601925	17
Ireland	0.9572823	18
Mexico	0.9561857	19
Luxembourg	0.9553105	20
Norway	0.9549135	21
New Zealand	0.9524806	22
Portugal	0.9498224	23
Australia	0.9447216	24
Slovakia	0.9437216	25
Turkey	0.9407419	26
Poland	0.9349138	27
Slovenia	0.9348345	28
Iceland	0.9287956	29
Finland	0.9261545	30
Chile	0.9197651	31
Hungary	0.9057101	32
Czech Republic	0.8552938	33
Estonia	0.4020184	34

Apéndice B

Eficiencia de la industria del transporte

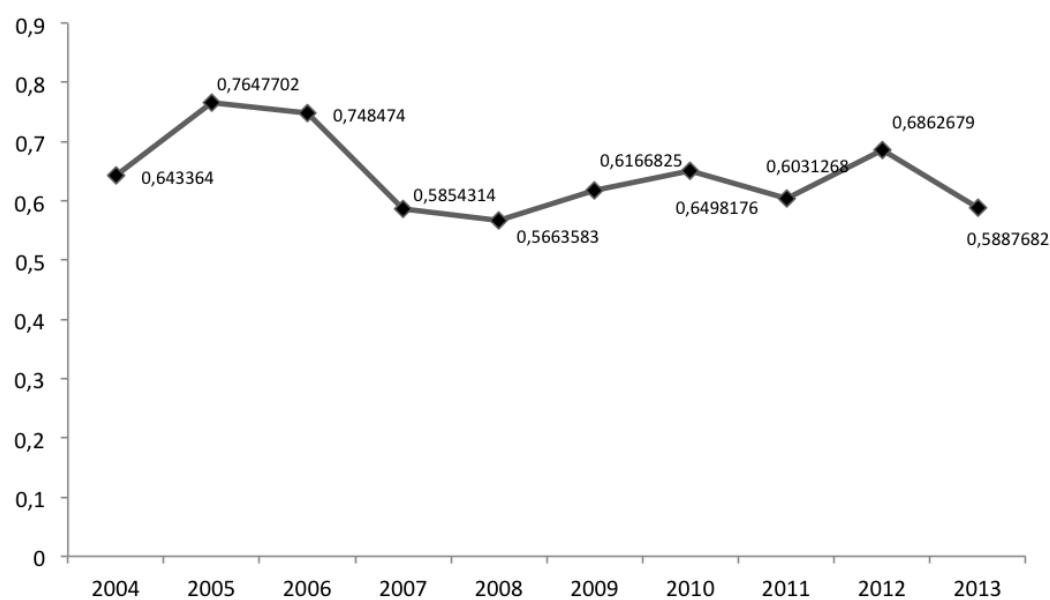


Figura B.1: Evolución de la ineficiencia en el sector aéreo.

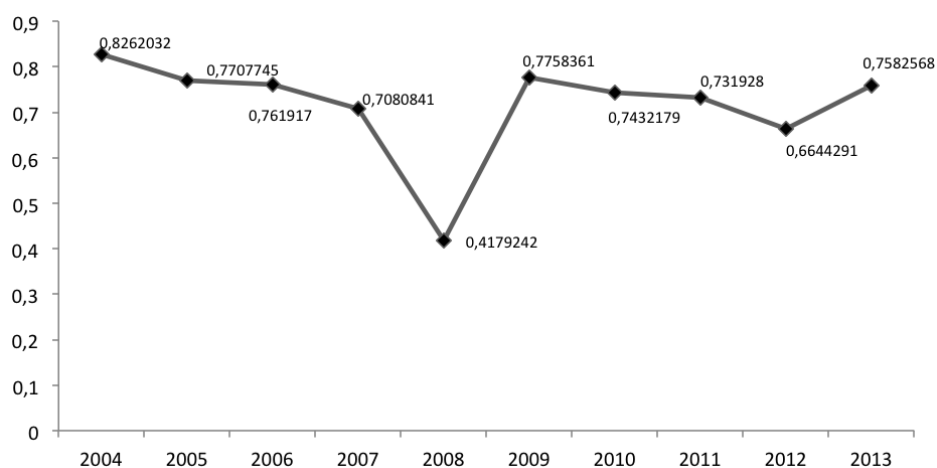


Figura B.2: Evolución de la ineficiencia del transporte por carretera.

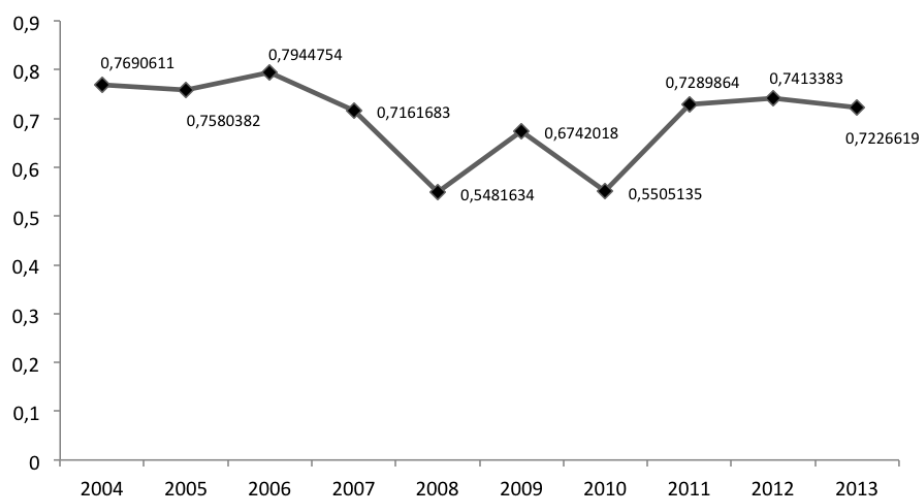


Figura B.3: Evolución de la ineficiencia en el transporte por ferrocarril.

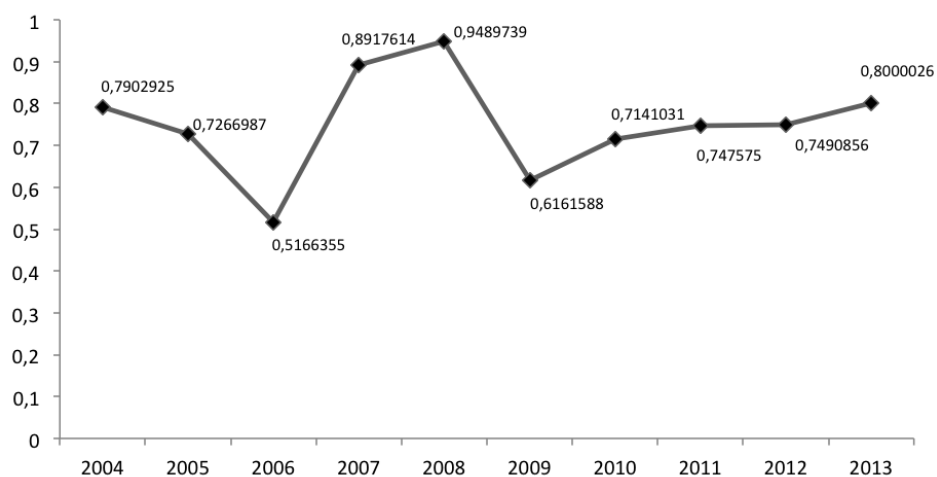


Figura B.4: Evolución de la ineficiencia en el transporte marítimo.

Apéndice C

Resultados principales del modelo dinámico. Empresas manufactureras.

Tabla C.1: Calibración de los parámetros

	Value
Chains	1
Burnin	10000
Draws	60000
Thin	3
Seed	42

Tabla C.2: Ineficiencia promedio por trabajador

Nº de trabajadores	Ineficiencia media
+ 1000	0,638030
500 a 1000	0,736884
300 a 500	0,639131
200 a 300	0,718289
150 a 200	0,734102
100 a 150	0,747265
50 a 100	0,681641
1 a 50	0,628037

Tabla C.3: Resultados de la eficiencia dinámica en las industrias textiles

	Mean	Spectral density at 0	MCMC sd. error	Relative Numer. Eff.	Inefficiency factor
<i>Constant</i>	-3.21354	2.22682	0.02644	0.00135	737.889
y_1	-0.00857	0.01535	0.00219	0.00847	117.955
y_2	-0.14066	0.10086	0.00562	0.00163	612.134
x_1	0.22838	0.04768	0.00387	0.00287	347.437
x_2	0.54560	0.99711	0.01769	0.00067	1484.29
x_{11}	0.04083	0.00303	0.00097	0.00287	347.984
x_{12}	-0.04832	0.00812	0.00159	0.00503	198.762
$x_1 y_2$	-0.00386	0.00083	0.00051	0.00322	310.173
$x_1 y_1$	-0.00403	0.00325	0.00101	0.01088	91.8448
x_{22}	0.05487	0.00487	0.00123	0.00474	210.555
$x_2 y_2$	0.00371	0.01359	0.00206	0.00076	1305.97
$x_2 y_1$	-0.02492	0.00538	0.00130	0.00816	122.522
y_{22}	-0.00972	0.00023	0.00027	0.00351	284.582
$y_2 y_1$	0.02826	0.02809	0.00297	0.00143	695.745
y_{11}	0.00198	0.24502	0.00877	0.00145	689.429
t	0.10263	0.01342	0.00205	0.00854	117.084
t^2	-0.01146	0.00040	0.00035	0.00629	158.866
<i>Constant</i>	-0.17205	16.6080	0.07223	0.00111	896.079
z_1	0.00129	1.68964	0.02303	0.00092	1078.75
z_2	-0.03642	0.00897	0.00167	0.00305	327.785
z_3	-0.01620	0.23733	0.00863	0.00367	272.147
z_4	-0.03063	0.41890	0.01147	0.00229	435.68
z_5	0.27079	13.8802	0.06603	0.00044	2240.88
ρ	0.76390	0.30705	0.00982	0.00174	572.798
τ	89.6407	938265	17.1687	0.00037	2649.01
ϕ	7.29143	927.059	0.53967	0.00079	1260.68
ω	0.34736	0.04815	0.00388	0.00699	142.979
σ_v	0.11787	0.55150	0.01316	0.00034	2940.46
σ_ξ	0.38047	0.67100	0.01451	0.00056	1773.54
σ_α	1.70789	0.57918	0.01348	0.00353	282.650
<i>LogCJ</i>	-745.86				

Nota: LogCJ(Chib and Jeliazkov)

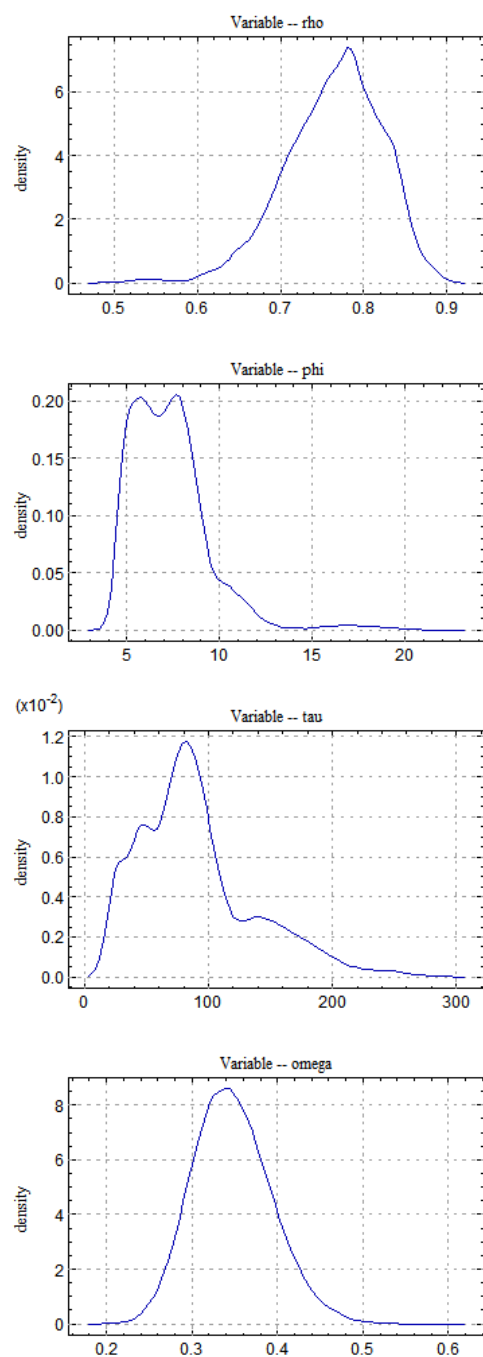


Figura C.1: Densidad de los parámetros

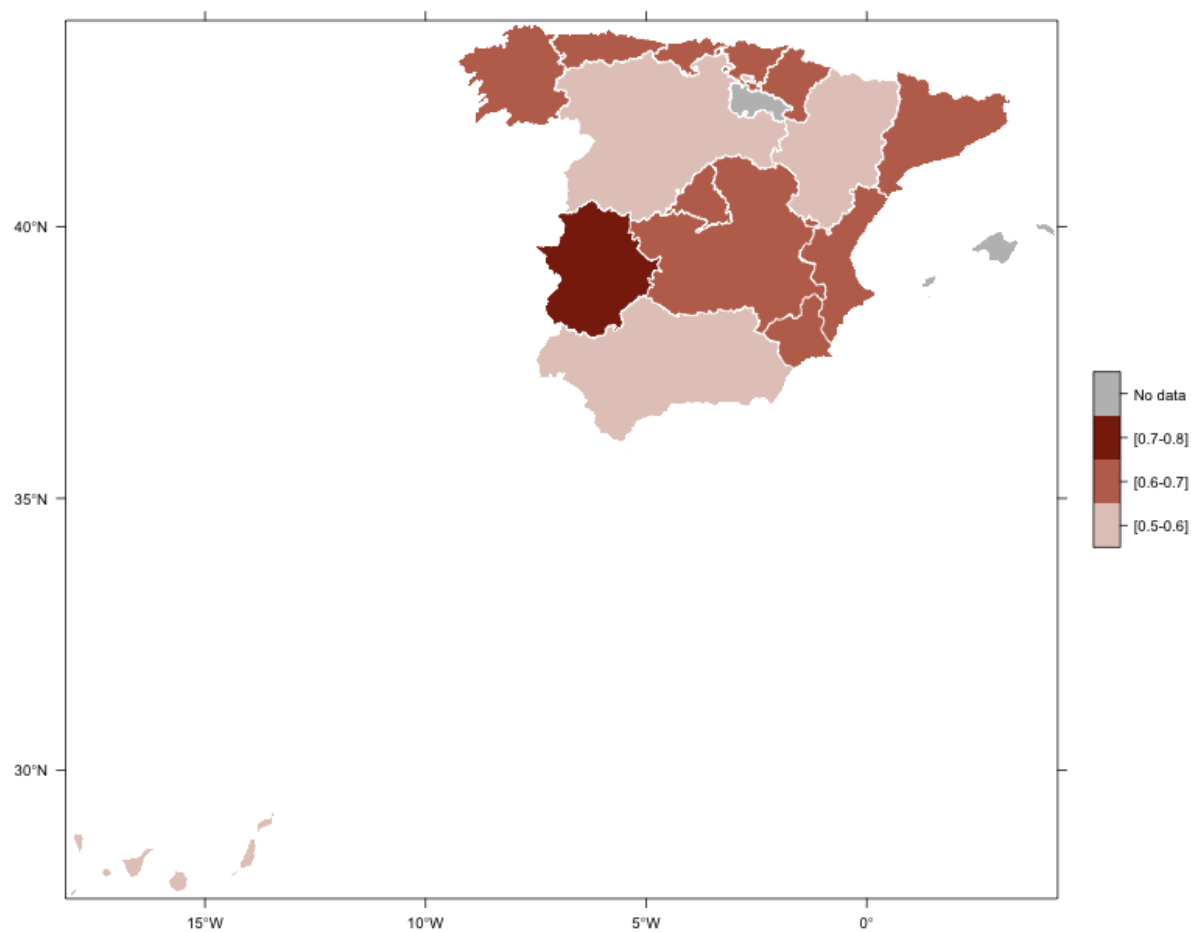


Figura C.2: Ineficiencia técnica media por comunidades autónomas (2007-2012)

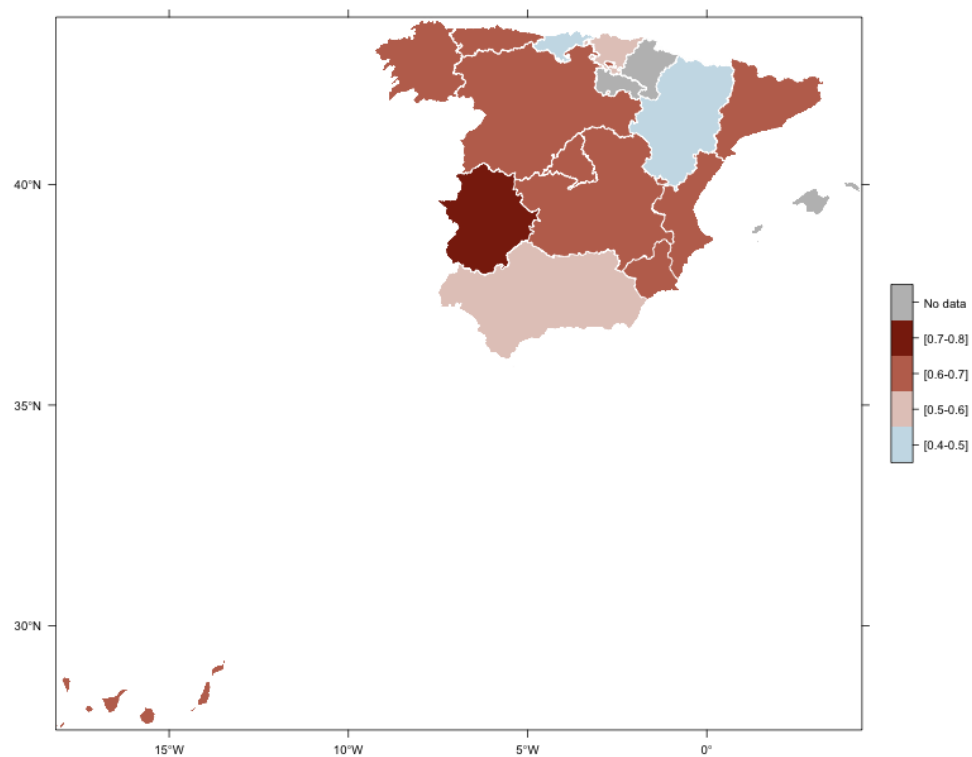


Figura C.3: Mapa ineficiencia dinámica 2007

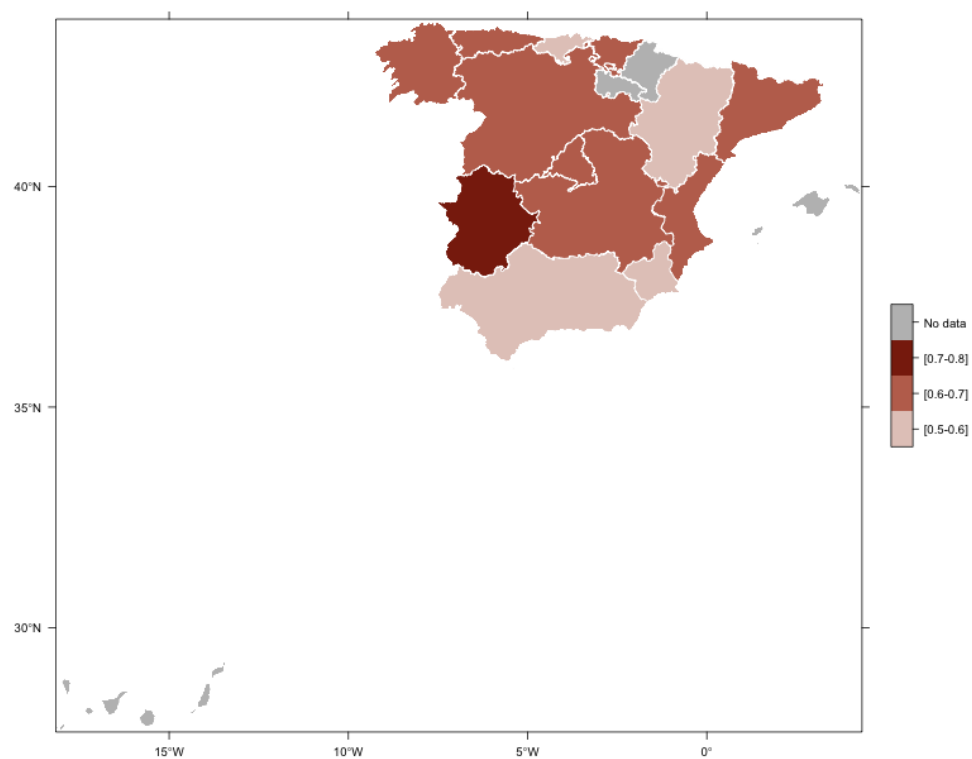


Figura C.4: Mapa ineficiencia dinámica 2008

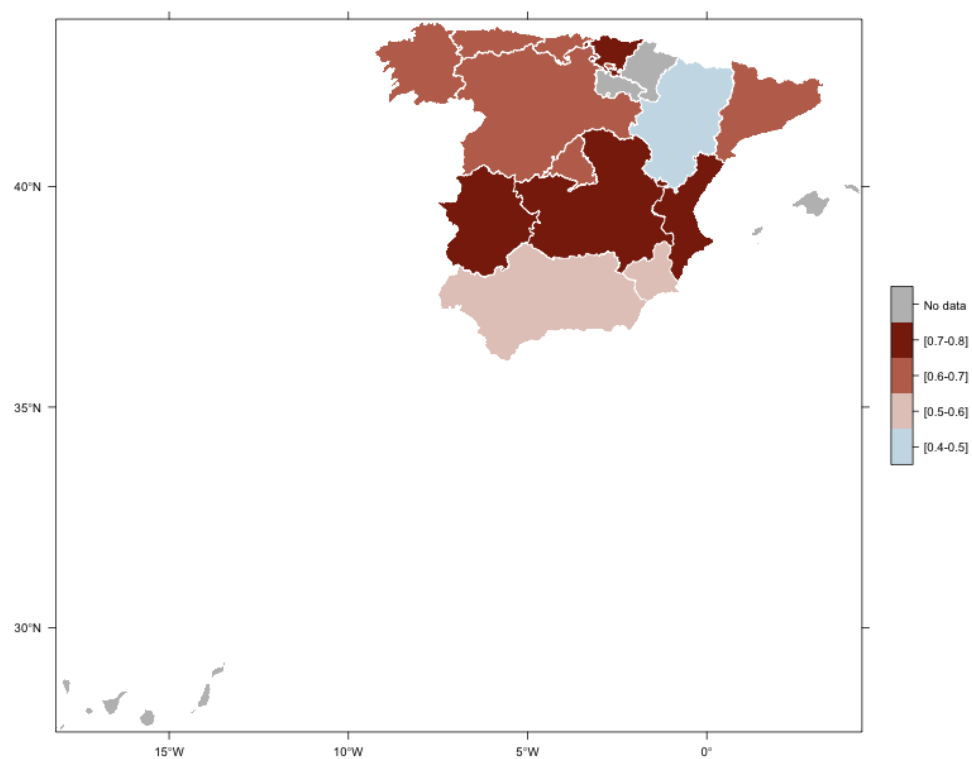


Figura C.5: Mapa ineficiencia dinámica 2009

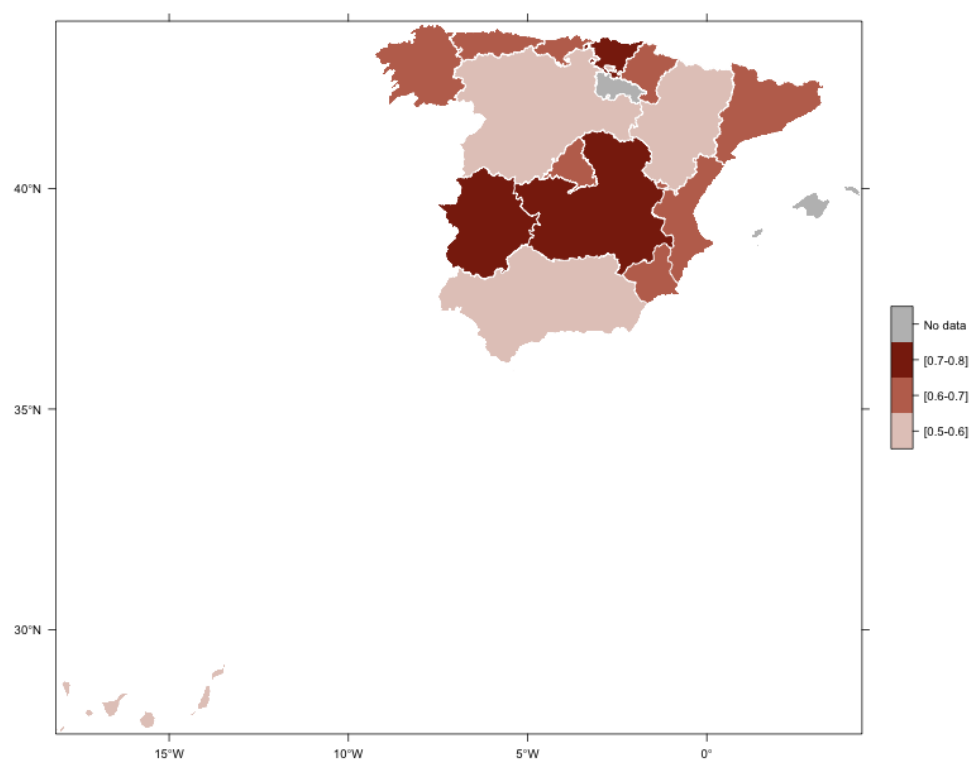


Figura C.6: Mapa ineficiencia dinámica 2010

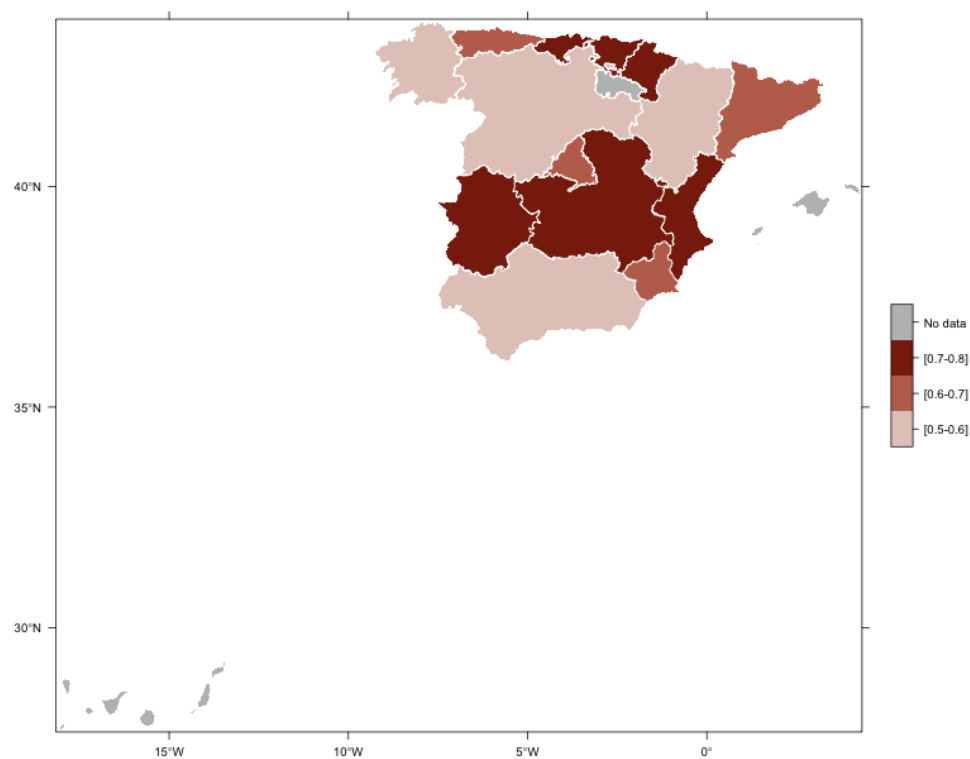


Figura C.7: Mapa ineficiencia dinámica 2011

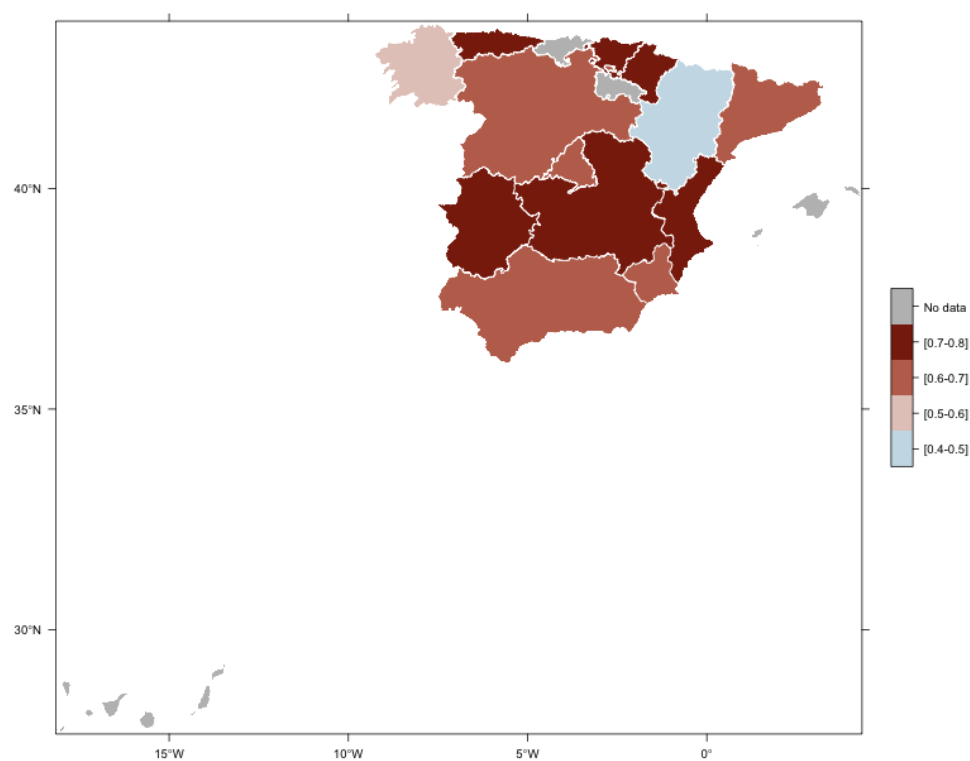


Figura C.8: Mapa ineficiencia dinámica 2012

Apéndice D

Resultados principales del modelo dinámico. Empresas automotrices.

Tabla D.1: Resultados de la ineficiencia dinámica en la industria de motores de vehículos

	Mean	Spectral density at 0	MCMC sd. error	Relative Number. Eff.	Inefficiency factor
<i>Constant</i>	-5.56217	0.00490843	0.000620892	0.12314	8.1202
y_1	-0.06375	0.00256989	0.000449265	0.76274	1.3110
y_2	-0.97100	0.00059933	0.000216961	0.34272	2.9177
x_1	0.28805	0.00136427	0.000327337	0.66803	1.4969
x_2	0.16766	4.4766e-005	5.92956e-005	13.5471	0.0738
y_{11}	-0.02430	0.00021937	0.000131262	0.75101	1.3315
y_{12}	0.01266	0.00017496	0.000117224	0.57572	1.7369
y_1x_1	0.08733	0.00889785	0.000835964	0.03523	28.382
y_1x_2	-0.00563	0.00023862	0.000136899	0.79373	1.2598
y_2y_2	-0.04442	1.7282e-005	3.68426e-005	0.05778	17.304
y_2x_1	0.03714	3.9325e-005	5.55751e-005	0.39167	2.5531
y_2x_2	-0.01726	0.00011225	9.38974e-005	0.19077	5.2418
x_2x_2	-0.02650	0.00013726	0.000103829	0.23516	4.2523
x_2x_1	0.06357	0.00026877	0.000145292	0.26826	3.7277
x_2x_2	0.02545	2.1775e-005	4.13554e-005	0.48351	2.0682
t	-0.01191	7.8643e-005	7.85918e-005	0.89347	1.1192
t^2	0.00220	5.0355e-007	6.28882e-006	0.86992	1.1495
y_1t	0.01166	0.00040084	0.000177432	0.79555	1.2569
y_2t	0.03919	0.00017926	0.000118658	0.18114	5.5204
x_1t	-0.04830	0.00046775	0.000191669	0.27708	3.6090
x_2t	-0.01292	0.00011992	9.70493e-005	0.64872	1.5414
y_1t^2	-9.65e-005	2.5704e-006	1.42085e-005	0.82729	1.2087
y_2t^2	-0.00316	1.4350e-006	1.06164e-005	0.15413	6.4876
x_1t^2	0.00391	2.2421e-006	1.32702e-005	0.39208	2.5505
x_2t^2	-8.42e-005	7.1711e-007	7.5048e-006	0.67394	1.4838
<i>Constant</i>	4.02611	1.429e+008	105.947	1.273e-009	7.849e+008
z_1	-0.36018	0.0266655	0.00144717	0.029858	33.4919
z_2	-0.08540	0.0017939	0.00037536	0.044644	22.3992
z_3	-0.44061	0.0533056	0.00204612	0.032283	30.9757
z_4	-0.64792	0.2398910	0.00434062	0.160150	6.24416
z_5	0.00506	0.0018040	0.00037644	0.033795	29.5894
ρ	0.92420	0.0010310	0.00056912	0.021587	46.3235
τ	1201.84	4.378e+008	370.863	0.000163	6126.46
ϕ	7.65044	60.6244	0.13800631	0.001496	668.012
ω	0.60870	0.00088	0.00052787	0.990052	1.01005
σ_v	0.03216	0.06863	0.00464337	0.000162	6135.64
σ_s	0.36287	0.04053	0.00356836	0.001276	783.415
σ_α	1.28898	0.00011	0.00018890	8.90565	0.11228
log-ML L&R:	-867.335				
log-ML C&J:	-868.663				

Nota: L&R (Lewis & Raftery), C&J (Chib & Jeliazkov)

Tabla D.2: Ineficiencia por comunidades autónomas

County	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Average	Observ.
Andalucía	0.7685	0.7085	0.6174	0.6828	0.7319	0.6523	0.6279	0.6051	0.6571	0.7864	0.7290	0.6879	
	5	4	4	5	6	6	6	8	7	5	4		60
Aragón	0.7678	0.7690	0.7889	0.7475	0.6482	0.6971	0.6502	0.6714	0.7657	0.5896	0.4987	0.6904	
	10	9	9	11	12	10	11	8	4	3	3		90
Cantabria	0.8108			0.8655	0.9030	0.9066	0.8065	0.7796	0.8290	0.7920	0.7684	0.8290	
	4	1	1	1	1	2	2	2	2				16
Castilla la mancha	0.7065	0.6613	0.7037	0.6857	0.7621	0.8142	0.7795	0.7839	0.8101	0.7613	0.7347	0.7457	
	2	2	2	4	4	5	7	6	6	5	4		47
Castilla león	0.7866	0.8411	0.8561	0.8031	0.7752	0.8026	0.7641	0.8105	0.8261	0.7905	0.77558	0.8028	
	9	7	7	12	12	13	12	10	10	10	9		111
Cataluña	0.8125	0.8161	0.8224	0.7975	0.8160	0.8266	0.7660	0.7198	0.8118	0.7838	0.7862	0.7962	
	16	14	14	22	19	22	25	32	29	25	23		241
C.Valenciana	0.7750	0.7122	0.6533	0.7488	0.8252	0.7619	0.7558	0.7662	0.7627	0.8166	0.8039	0.7620	
	3	2	2	3	3	4	4	4	4	5	4		38
Extremadura	0.8022	0.8534	0.8154								0.8289	0.8250	
	1	1	1								6		9
Galicia	0.8071	0.7944	0.8075	0.7590	0.7385	0.7792	0.7015	0.7377	0.8173	0.7833	0.7412	0.7697	
	8	7	7	9	11	12	12	10	8	8	6		98
Madrid	0.8530	0.8407	0.8496	0.8522	0.8726	0.8652	0.7656	0.8068	0.8215	0.8231	0.8162	0.8333	
	17	11	11	13	9	9	8	10	9	7	8		112
Murcia	0.8646	0.8463	0.8844	0.8643	0.8888	0.8686	0.8657	0.9023	0.9213	0.9322	0.8142	0.8775	
	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1		18
Navarra	0.8496	0.8633	0.8170	0.7902	0.6656	0.7537	0.6839	0.7856	0.8266	0.8275	0.8214	0.7895	
	4	4	4	7	6	5	7	6	6	6	6		61
País Vasco	0.8411	0.8455	0.8162	0.8258	0.8326	0.8474	0.7749	0.7948	0.8616	0.8520	0.8217	0.8285	
	10	9	9	9	12	12	9	10	11	11	11		113
La rioja	0.8939	0.8844	0.8693	0.8945	0.9103	0.8377	0.8267					0.8738	
	1	1	1	1	1	1	1						7
Total	0.8099	0.8028	0.7924	0.7936	0.7977	0.8010	0.7514	0.7636	0.8092	0.7949	0.7646	0.7892	1021

Nota: Sin datos de Ceuta y Melilla