

# **Análisis de la eficiencia en el transporte de mercancías por carretera en Europa**

**Caro Vela, M<sup>a</sup> Dolores** [mdcarvel@upo.es](mailto:mdcarvel@upo.es)

**Contreras Rubio, Ignacio** [iconrub@upo.es](mailto:iconrub@upo.es)

Departamento de Economía, Métodos Cuantitativos e Historia Económica  
*Universidad Pablo de Olavide*

## **RESUMEN**

Este artículo evalúa la eficiencia del sector transporte de mercancías por carretera en los países de la UE, durante el periodo 2003-2007. La herramienta utilizada en este estudio es el Análisis Envolvente de Datos y los índices de productividad de Malmquist. Los principales resultados confirman que la liberalización del sector ha favorecido la eficiencia de los servicios, aunque las nuevas formas de producción están provocando un peor comportamiento a lo largo del tiempo de los países más eficientes. La localización geográfica de los países parece determinar en parte la eficiencia de escala. Los países de Centro y Este de Europa incorporados a la UE en 2004 presentan ineficiencias técnicas, pero no de escala y confirman su posición emergente en el mercado de transporte.

### ***Palabras claves:***

Transporte de mercancías por carretera; eficiencia; Análisis Envolvente de Datos.

***Área temática:*** Aspectos Cuantitativos del Fenómeno Económico

## **ABSTRACT**

In this paper the technical efficiency of road freight transport in the EU countries is evaluated for the period 2003-2007. The methodology considered is Data Envelopment Analysis and Malmquist productivity indices. The main results confirm that liberalization of the sector has facilitated the efficiency of services, although new forms of production suppose a worse performance of the most efficient countries in the considered period. The paper concludes that geographical location of countries determines in part the efficiency of the units. Hence, countries of Central and Eastern Europe that joined the EU in 2004, present good results in terms of technical efficiency but not in terms of scale, and confirm the emerging position in the transportation market.

***Keywords:***

Road freight transport; efficiency; DEA.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Un sistema de transporte de mercancías eficaz, entendiendo como tal que presta los servicios de forma efectiva a la sociedad, eficiente, esto es, que emplea los recursos de la manera más adecuada, y compatible con el medioambiente es objetivo fundamental de la política de transporte europea desde hace aproximadamente dieciocho años, tal y como se establece en el Libro Blanco sobre la Política de Transportes de 1992 de la Unión Europea. El objetivo último de este informe, era facilitar la movilidad en general dentro del territorio europeo. Este documento potenció el transporte por carretera y aceleró la liberalización de los servicios de transportes (Cascales, 2007). El transporte de mercancías por carretera ha ganado cuota de mercado progresivamente, hasta alcanzar actualmente el mayor volumen de tráfico en la UE-27, con un 45,9% del total de toneladas-kilómetros recorridos<sup>1</sup>. En un sector en el que los servicios están prácticamente liberalizados desde 1999. Los camiones pueden así operar en países distintos de los propios. Se establece, por tanto, un mercado único europeo, cuya base territorial se extiende a la totalidad del territorio comunitario.

La política de transportes desarrollada en los últimos diez años, pone el énfasis en aumentar la sostenibilidad del transporte (Comisión Europea, 2001 y 2006), incluyendo entre otras, actuaciones que impulsan modos de transporte más sostenibles, como el ferrocarril o el marítimo de corto recorrido. Sin embargo, aunque se están realizando grandes esfuerzos económicos para desviar tráfico de la carretera a otros modos más sostenibles medioambientalmente, el cambio modal no se está produciendo. En el periodo 2001-2009 la carretera ha incrementado su cuota de mercado en 4 puntos porcentuales, en detrimento del transporte marítimo y el ferrocarril<sup>2</sup>. Las prácticas económicas que requieren de gran flexibilidad (deslocalización, entregas justo a tiempo, transporte puerta a puerta, etc), convierten a la carretera en un modo difícilmente sustituible, sobre todo en las distancias cortas. Si los centros de producción están cercanos a los recursos o mercados, el uso de otro tipo de transporte como alternativa o complemento a la carretera es muy difícil, debido al aumento del coste que produce el traslado terrestre entre terminales.

---

<sup>1</sup> Comisión Europea. D.G. TREN, (2010)

<sup>2</sup> Datos basados en D.G. TREN, (2009a).

Por todo ello, las mejoras en la eficiencia del propio sector carretera es uno de los objetivos prioritarios que se plantean tanto la propia Administración como los agentes económicos implicados. Así, por ejemplo, en el caso de España, el Plan Estratégico para el Transporte de mercancías por carretera (Ministerio de Fomento, 2008) tiene entre sus principales objetivos establecer pautas para la actuación de empresas y Administración que permitan mejorar la eficiencia de los servicios de transporte.

El presente trabajo busca avanzar en el conocimiento de la eficiencia técnica del sistema de transporte de mercancías por carretera de los distintos países europeos en un mercado liberalizado y las potencialidades para mejorar en cada país. Entendiendo por eficiencia aquel modo de proceder en el que el consumo de inputs necesarios para la producción de bienes o prestación de servicios se hace de manera óptima o, de forma equivalente, que para un consumo dado de recursos se produce una cuantía óptima de outputs.

En los últimos años las investigaciones sobre la eficiencia del transporte de mercancías por carretera se han dirigido hacia la eficiencia energética y emisiones de CO<sub>2</sub>. Con este propósito han utilizado técnicas de encuestación los trabajos de Leónardi and Baumgartner (2004) y Daves et al. (2007). Los autores concluyen que las emisiones, que dependen del consumo de combustible, se podría mejorar mediante una mejor utilización del vehículo, disminuyendo los recorridos en vacío. Para ello se propone la introducción de mejoras tecnológicas. Otros trabajos comprueban mediante técnicas de simulación, que se puede mejorar la eficiencia en la utilización del vehículo mediante una distribución mejor de los tiempos de conducción y descanso de los conductores. Véase, entre otros, Humphrey et al. (2007). Más recientemente, se ha discutido la evolución de la eficiencia energética en el transporte de mercancías por carretera, basándose en el consumo de combustible de los vehículos durante 30 años, encontrando considerables mejoras durante este periodo (Ruzzenenti y Basosi, 2009).

Durante la última década, numerosos estudios han tratado la eficiencia logística con Análisis Envolvente de Datos (DEA), tanto en los modos de transporte como en las áreas de transporte asociadas a estos modos. Ejemplos recientes de aplicación DEA para estudiar la gestión de los puertos se encuentra entre otros en Tongzon (2001), Bonilla et al. (2004), Cullinane et al. (2006) y Lin et al. (2007).

La eficiencia del modo aéreo se ha analizado con DEA para estudiar si la liberalización del mismo ha mejorado la eficiencia de las empresas y para comparar compañías europeas, estadounidenses y asiáticas. Ejemplo de ello son, entre otros los trabajos de Inglada et al. (2006) y Chiou and Chen (2006). Ejemplos de análisis de la gestión de aeropuertos la podemos encontrar en Fernandes and Pacheco (2002) y Barros and Dieke (2008).

El transporte por ferrocarril ha sido el modo en que más han proliferado los estudios de eficiencia con DEA. Desde la década de los 90 se ha estudiado la eficiencia entre países, principalmente del Oeste de Europa y USA. Algunos ejemplos recientes son los trabajos de Savolainen y Hilmola (2009), Cantos et al. (2008) y Jain et al. (2008).

Nuestro trabajo intenta analizar el comportamiento del sector transporte de mercancías por carretera en los países UE. mediante la aplicación de DEA, se estudia la eficiencia entre países encontrando grandes divergencias entre éstos.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera. La Sección 2 recoge la metodología del estudio, análisis DEA e índices de Malmquist. La Sección 3 se dedica a la exposición de datos y justificación del modelo. La Sección 4 presenta la discusión de resultados y la Sección 5 se dedica a conclusiones.

## **2. METODOLOGÍA**

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica de análisis no paramétrica concebida inicialmente para el análisis de eficiencia de unidades de producción (DMUs en terminología DEA) que producen múltiples outputs mediante la utilización de múltiples inputs. La aplicación de la metodología ha superado, sin embargo, lo objetivos iniciales para la que se estableció en el artículo original de 1978 (Charnes et al., 1978), este éxito lo muestra, por ejemplo, varios artículos que realizan una revisión de los trabajos que aplican esta técnica (Seiford, 1996).

La metodología DEA procede, de manera sintética, de la siguiente forma. A partir de las observaciones existentes, se identifican las unidades más eficientes, entendiendo como tales aquellas capaces de producir un mayor nivel de outputs para valores de input dado o, de manera equivalente, consumen menores niveles de input

para producir una determinada cantidad de output. A partir de estos valores óptimos se genera una frontera eficiente constituida por los valores eficientes observados junto a las combinaciones lineales que pueden generarse a partir de éstos. Cualquier unidad incluida en dicha frontera se califica como eficiente. El resto de unidades, envueltas por dicha frontera, son calificadas como ineficientes, más cuanto mayor la distancia de dicha unidad al punto más próximo de la frontera. Ambas, eficientes e ineficientes, constituyen el conjunto de posibilidades de producción construido a partir de los valores observados, y que representa los outputs que pueden darse a partir de un nivel dado de input, con la tecnología considerada.

Para la determinación del nivel de eficiencia de cada unidad se obtiene de como la solución del siguiente problema de optimización (Charnes et al., 1978).

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}} \\
 & \text{s.a.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \\
 & \quad \quad u_{ro}, v_{io} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m.
 \end{aligned} \tag{1}$$

donde  $x_o = (x_{1o}, \dots, x_{mo})$  e  $y_o = (y_{1o}, \dots, y_{so})$  representan, respectivamente, los vectores de inputs y outputs de la DMU  $o$ , la unidad evaluada mediante el modelo (1). Las unidades son capaces de producir  $s$  outputs distintos consumiendo  $m$  inputs y una tecnología similar. Por  $u_o$  y  $v_o$  se denotan, respectivamente, los vectores con los que se ponderan outputs e inputs en el calculo de eficiencia de la unidad. Es interesante ver cómo la evaluación de cada unidad (el problema (1) se resuelve  $n$  veces, una por cada DMU) se realiza en las condiciones más favorables para la DMU  $o$  y con un vector de pesos propio. La libertad de elección de los vectores de pesos es, sin duda, una de los elementos más característicos de los modelos basados en DEA.

Considerando una transformación algebraica el modelo puede escribirse de manera lineal de la siguiente forma,

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & \Theta_0 = \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro} \\
 \text{s.a.} \quad & \sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{io} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\
 & u_{ro}, v_{io} \geq 0, \quad r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Aquellas alternativas eficientes obtienen un valor  $\Theta_o$  igual a uno mientras que las variables no eficientes obtienen valores inferiores a la unidad. La diferencia  $1 - \Theta_o$  es una medida de la mínima distancia de la DMU  $o$  a la frontera eficiente y, por tanto, de la ineficiencia en la actividad de la DMU  $o$ .

El anterior modelo, al que se refiere por CCR (siglas que hacen referencia a las iniciales de sus autores, Charnes et al, 1978), considera que las unidades operan con rendimientos a escala constante, algo equivalente a no hacer consideración alguna respecto a los rendimientos a escala de las unidades. En Banker et al. (1984) se propone un modelo para con el supuesto de variables a escala variable (que aparece referido en la literatura por modelo BCC y que, al igual que antes, hace referencia a las iniciales de los autores que proponen dicho modelo), lo que permite estudiar el comportamiento de DMUs en este aspecto. El ratio  $\Theta_{CCR} / \Theta_{BCC}$  permite conocer qué parte de la ineficiencia de la unidad corresponde a la escala en la que opera la unidad.

El objetivo del trabajo es también estudiar la evolución del comportamiento de las unidades a lo largo del tiempo, para lo que se utilizará el cálculo de los índices de productividad de Malmquist, introducidos en Caves et al. (1982). La principal ventaja de estos índices con respecto a otros procedimientos alternativos (índice de Törnquist o índice de Fisher) reside en el hecho de que este índice no requiere conocer los precios de inputs y outputs para su cálculo.

La metodología de los índices se desarrolla en Färe et al. (1994). Conocidos los valores de inputs y outputs de cada una de las  $n$  unidades para los  $T$  períodos considerados, por  $(x_i^t, y_i^t)$  se denotan los vectores de inputs consumidos y outputs producidos por la DMU  $i$  durante el período  $t$  (con  $t = 1, \dots, T$ ). Los modelos DEA tradicionales (y expuestos de manera breve anteriormente) comparan la actividad de cada unidad con la tecnología de producción del período correspondiente, representado

por el conjunto de posibilidades de producción. Para evaluar el comportamiento de una DMU respecto a la tecnología del período definimos una función de distancia sobre outputs,  $D^t(x^t, y^t)$ , como la expansión máxima que puede experimentar el vector  $y^t$  cuando se cuenta con un vector dado de inputs  $x^t$ , para que ambos valores pertenezcan al conjunto de posibilidades de producción que definen las observaciones de las  $n$  DMUs. El cálculo de estas distancias se realiza mediante la resolución de modelos DEA, considerando el modelo CCR  $D_o(x^t, y^t) = 1 - \Theta$ , teniendo en cuenta los valores temporales que definen la tecnología (conjunto factible de los modelos (2)) y de la unidad evaluada (función objetivo).

De igual manera, puede compararse la actividad de una unidad con respecto a la tecnología de un periodo posterior o anterior para comprobar la evolución en el comportamiento de la unidad. Por  $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$  definimos la distancia de la observación en el periodo  $t$  respecto a la tecnología del período siguiente.

En Färe et al. (1994) se define el índice de Malmquist para la DMU  $o$  de la siguiente manera,

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \sqrt{\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}} \quad (3)$$

O alternativamente,

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \sqrt{\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}} \quad (4)$$

En (4) la primera parte de la expresión representa el cambio de eficiencia del período  $t$  a  $t+1$ , permite determinar si la unidad se aproxima o aleja a la frontera eficiente en el cambio de período. La segunda parte de la expresión, incluida dentro de la raíz, captura los cambios en la tecnología entre períodos. Mejoras a lo largo del tiempo se identifican con valores superiores a la unidad mientras que un deterioro en el comportamiento se identifica por valores menores a la unidad.

En el caso de los modelos DEA es posible, además, descomponer las variaciones de eficiencia considerando aquellas componentes que se derivan de cambios en la escala en la que opera la unidad. Para ello, además de resolver los problemas con rendimientos

a escala constante y diferentes tecnologías ya referido, es necesario resolver los problemas correspondientes en el caso de tecnología con rendimientos a escala variable (modelo BCC). En tal caso, la primera parte de la expresión (4) puede descomponerse de la siguiente forma,

$$\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} = \frac{D_{BCC}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{BCC}^t(x^t, y^t)} \frac{D_{CCR}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_{CCR}^t(x^t, y^t)} \quad (5)$$

El primer factor del producto refleja el crecimiento debido a cambios en la eficiencia técnica pura, sin considerar los efectos derivados del tamaño de escala de las unidades y un segundo factor del producto, que mide los cambios de eficiencia debidos a la escala en la que opera la unidad.

### **3. EXPOSICIÓN DE DATOS Y JUSTIFICACIÓN DEL MODELO**

En este estudio se utiliza como fuente estadística, los datos publicados por EUROSTAT. Este organismo recoge las estadísticas de la actividad del transporte de mercancías por carretera de dos formas distintas.

a) Mediante cuestionario común, en el que se recoge los datos de cada país sobre la infraestructura, equipos de transporte, las empresas, el rendimiento económico, el empleo, el tráfico, etc.

b) Mediante los micro-datos recogidos en el marco del Reglamento (CE) 1172/98 del Consejo sobre la relación estadística de los transportes por carretera, que recopila los datos sobre la actividad del transporte de mercancías por carretera en vehículos pesados. Las cifras se agrupan sobre la base de encuestas por muestreo llevadas a cabo por los países informantes. La metodología de la encuesta es común publicada en la página web de EUROSTAT.

Para estudiar la eficiencia entre los distintos países con el modelo DEA, se requiere que para cada país se indiquen las unidades de outputs y los inputs utilizados para producir esos servicios. Puesto que los datos correspondientes a la UE de los 27 no eran completos respecto a las variables consideradas, se ha optado por obviar aquellos

países con más valores perdidos. Quedan así excluidos del análisis Bulgaria, Suiza, Croacia, Rumanía y Grecia.

Como medida de output, hemos utilizado la variable toneladas x kilómetros. Esta variable se obtiene en cada operación de transporte como el producto de las toneladas transportadas por el número de kilómetros recorridos. Es un output comúnmente utilizado en los modelos DEA de transporte de mercancías por ferrocarril, entre otros, véanse Hilmola, (2007); Ashmild, et al. (2009) y Cantos et al. (1999).

Siguiendo el esquema de introducir una propuesta de input para cada factor de capital, trabajo y energía, se proponen como variables inputs las siguientes.

a) Número de vehículos articulados. Esta variable aproxima el capital utilizado o la inversión realizada, así como la capacidad de carga. Los datos que proporciona EUROSTAT no permiten conocer la capacidad de carga en unidades de masa de los países considerados. Tan sólo tendríamos información parcial de algunos países y no completa del período de tiempo en que vamos a trabajar (2003-2007).

Tampoco está recogida en las estadísticas la capacidad de carga en volumen. Esta variable sería significativa si tenemos en cuenta la sustitución de materiales más ligeros por los pesados así como la tendencia a paletizar la mercancía (McKinnon, A. y Leonardo, J. 2008).

De los datos ofrecidos por EUROSTAT referidas al stock de vehículos por categoría a nivel regional, podemos conocer tanto el total de vehículos destinados al transporte de mercancías por carretera, como los vehículos articulados. Hemos descartado utilizar como variable input el total de vehículos destinados al transporte de mercancías por carretera, ya que nos ofrece valores muy dispares en cuanto a la capacidad de carga. Esta puede ir desde menos de 3,5 toneladas de capacidad de los vehículos ligeros hasta capacidades superiores a las 20 Toneladas, como es el caso de los vehículos articulados que transportan 25 toneladas de carga útil.

Hemos tomado como referencia las cifras de vehículos articulados, puesto que nos ofrecen valores más homogéneos en la capacidad de carga (en torno a las 25 toneladas). Estos vehículos transportan un elevado porcentaje de toneladas x kilómetros y van ganando cuota de mercado respecto a otro tipo de vehículos.

b) Personas empleadas. Se define como el número total de personas que trabajan en la empresa, incluidos los propietarios, los socios que trabajan regularmente en la unidad y los trabajadores familiares no remunerados, así como las personas que trabajan fuera de la unidad pertenecen a ella y son pagados por la misma (por ejemplo, representantes de ventas, personal de entrega, reparación y mantenimiento). Se excluye el personal suministrado a la empresa por otras empresas, las personas que realizan trabajos de reparación y mantenimiento en la unidad de observación por cuenta de otras empresas, así como las que el servicio militar obligatorio. Estos datos son recopilados por EUROSTAT de las estadísticas estructurales de las empresas de industria, construcción, comercio y servicios.

Esta variable es frecuentemente utilizada en la metodología DEA que analiza la eficiencia del transporte de mercancías por ferrocarril y transporte aéreo. Ejemplo de ello son los trabajos de Savolainen y Hilmola (2009) e Inglada et al.(2006).

c) Vehículos x kilómetros. Se obtiene multiplicando el total de vehículos que realizan los servicios de transporte de mercancías por carretera en vehículos pesados por los kilómetros que éstos recorren en cada periodo. Se selecciona como variable de aproximación al consumo de energía, ante la imposibilidad de conseguir esta última de manera directa. Es posible que próximamente se pueda disponer de los mismos, puesto que hay una propuesta de EUROSTAT de que se especifique una pregunta sobre el consumo de energía en las encuestas de transporte en vehículos pesados que realizan los Estados Miembros, pero no se cuenta con ella en la actualidad. Basándose en la información sobre el consumo de energía obtenida en Reino Unido y Francia, Leonardi et al. (2008) concluyen que el consumo de energía en los vehículos pesados está entre 34.5 y 35.7 l/100kms. Por tanto, consideramos que el consumo es similar en los vehículos pesados, y que éste depende fundamentalmente de los kilómetros recorridos para cada vehículo. Esta variable la ha utilizado también Inglada et. al (2006) como input para estimar la eficiencia en el transporte internacional aéreo.

La Tabla 1 resume la información para cada variable incluida en el análisis.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas.

		<i>Inputs</i>			<i>Output</i>
		Vehículos x kilómetros	Personas empleadas	Total cabezas tractoras	Toneladas x kilómetros
2003	Máx	330016	21707	23057	290745
	Min	1165	115	103	1401
	Media	97111	7007	7342	28363
	Desv. Std.	87224	6771	6812	7164
2004	Máx	330016	21707	23057	310103
	Min	1165	115	103	1393
	Media	127782	9340	9700	58049
	Desv. Std.	111327	8010	8239	78450
2005	Máx	330016	21707	23057	310103
	Min	1165	115	103	1393
	Media	136766	9343	9824	99445
	Desv. Std.	125910	8190	8727	109732
2006	Máx	330016	21707	23057	310103
	Min	1165	115	103	1393
	Media	143632	9711	10235	114845
	Desv. Std.	119704	7794	8304	118721
2007	Máx	330016	21707	23057	310103
	Min	1165	115	103	1393
	Media	144742	9738	10277	119605
	Desv. Std.	119290	7781	8286	117448

Nota: De los 480 datos que se han utilizado para estimar el modelo, 23 de ellos se han estimado ante la imposibilidad de conseguirlo de forma directa. La estimación se ha realizado suponiendo para el dato desconocido el mismo crecimiento que la media de los demás países en el periodo.

#### 4. RESULTADOS EMPÍRICOS

A continuación presentamos los resultados empíricos derivados de la medición de la eficiencia y la evolución de la misma en 24 países de la U.E. en el periodo comprendido entre 2003 y 2007.

De un primer estudio descriptivo de la matriz de datos (que no aparece completa en el texto), pueden verse las grandes diferencias entre las unidades. Tomando como

referencia el valor del único output, las unidades mayores (Alemania, Francia y España) tienen un valor más de 200 veces superior al de las unidades pequeñas (Chipre, Estonia). Aquí es interesante recordar que la metodología que se utiliza es un método que evalúa la eficiencia en base a un ratio de suma de outputs ponderados entre suma de inputs ponderados, por lo que pueden compararse unidades muy distantes en cuanto a tamaño siempre que todas ellas utilicen los mismos inputs para producir los mismos outputs mediante una tecnología similar.

Hemos aplicado los modelos DEA CCR y BCC para estudiar la eficiencia técnica del transporte de mercancías por carretera en los países referidos, lo que implica que las unidades operan en rendimientos constantes a escala y rendimientos variables a escala respectivamente. La Tabla 2 muestra los resultados de los dos modelos por año y país, así como los cambios en la eficiencia de escala en la que operan las unidades.

Tabla 2. Resultados de la eficiencia

	Modelo CRS						Modelo BCC						Eficiencia de Escala					
	2003	2004	2005	2006	2007	Media	2003	2004	2005	2006	2007	Media	2003	2004	2005	2006	2007	Media
AT	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,91	1,00	0,95	0,94	0,97	0,93	0,96	0,92	0,97	0,97	0,94	0,97	0,95
BE	0,77	0,75	0,77	0,75	0,78	0,76	1,00	0,92	0,87	0,88	0,84	0,90	0,77	0,82	0,89	0,85	0,93	0,85
CY	0,69	0,77	0,77	0,75	0,72	0,74	1	1	1	1	1	1	0,69	0,77	0,77	0,75	0,72	0,74
CZ	0,56	0,61	0,61	0,68	0,67	0,63	0,71	0,66	0,64	0,82	0,74	0,71	0,78	0,92	0,96	0,84	0,90	0,88
DE	0,81	0,83	0,88	0,88	0,88	0,85	1	1	1	1	1	1	0,81	0,83	0,88	0,88	0,88	0,85
DK	0,66	0,68	0,72	0,67	0,65	0,68	0,72	0,69	0,73	0,70	0,67	0,70	0,92	0,99	0,98	0,96	0,98	0,97
EE	0,57	0,65	0,80	0,78	0,84	0,73	0,66	0,69	0,87	0,83	0,91	0,79	0,86	0,95	0,93	0,93	0,93	0,92
ES	0,86	0,89	0,90	0,90	0,92	0,89	1	1	1	1	1	1	0,86	0,89	0,90	0,90	0,92	0,89
FI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FR	0,75	0,75	0,74	0,76	0,78	0,76	1,00	0,99	0,93	0,95	0,93	0,96	0,75	0,76	0,80	0,80	0,84	0,79
HU	0,69	0,70	0,75	0,76	0,81	0,74	0,70	0,70	0,75	0,76	0,83	0,75	0,98	0,99	0,99	1,00	0,98	0,99
IE	0,76	0,79	0,82	0,80	0,79	0,79	0,88	0,89	0,88	0,87	0,84	0,87	0,86	0,89	0,93	0,91	0,94	0,90
IT	0,86	0,83	0,87	0,88	0,92	0,87	1	1	1	1	1	1	0,86	0,83	0,87	0,88	0,92	0,87
LT	0,73	0,76	0,82	0,81	0,85	0,79	0,77	0,77	0,83	0,81	0,85	0,81	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98
LU	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LV	0,51	0,58	0,59	0,52	0,71	0,58	0,53	0,59	0,60	0,54	0,72	0,59	0,97	0,98	0,98	0,96	0,99	0,98
NL	0,69	0,72	0,73	0,72	0,71	0,71	1,00	1,00	1,00	0,97	0,83	0,96	0,69	0,72	0,73	0,75	0,86	0,74
NO	0,77	0,77	0,81	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,81	0,86	0,84	0,81	0,98	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99
PL	0,62	0,65	0,71	0,72	0,77	0,69	0,78	0,76	0,84	0,86	0,92	0,83	0,80	0,85	0,84	0,83	0,84	0,83
PT	0,72	0,84	0,84	0,85	0,87	0,82	0,72	0,89	0,90	0,97	0,94	0,88	1,00	0,95	0,93	0,88	0,93	0,93
SE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SI	0,65	0,72	0,76	0,81	0,83	0,75	0,70	0,73	0,77	0,81	0,83	0,77	0,93	0,98	0,99	1,00	1,00	0,98
SK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
UK	0,58	0,58	0,58	0,65	0,67	0,61	1	1	1	1	1	1	0,58	0,58	0,58	0,65	0,67	0,61
MEDIA	0,76	0,78	0,81	0,81	0,83	0,80	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,89	0,87	0,89	0,91	0,90	0,92	0,90

La Tabla 2 muestra que la eficiencia media de los países durante el periodo 2003-2007 bajo el modelo BCC oscila entre 0.87 y 0.90. Estos resultados sugieren la presencia de ineficiencias en el transporte de mercancías entre países europeos. De media, los países podrían reducir los inputs entre 10%-13% y producir los mismos

servicios que los países con mejores prácticas. Estos resultados revelan que hay potencial para mejorar la eficiencia en el sector.

Cuando comparamos la eficiencia de un año a otro para el mismo país, observamos cómo aquellos países más eficientes, identificados con un valor 1 en los modelos CCR y BCC permanecen eficientes a lo largo de los años.

Consideremos ahora los cambios en la eficiencia de escala que se muestran en las últimas seis columnas de la Tabla 2. Un valor de menor a uno indica ineficiencias, lo que implica que el sistema no está operando a la escala óptima y se podría mejorar la eficiencia simplemente introduciendo medidas que alteren la escala del sistema, esto es, el tamaño en el que operan las unidades. Sólo cuatro países son eficientes: Finlandia, Luxemburgo, Suecia y Eslovaquia. Estos países, que coinciden en ser unidades pequeñas-medianas, trabajan con operaciones en la escala óptima. Por el contrario Chipre, España, Alemania, Italia y Reino Unido, están en la frontera eficiente en el modelo BCC pero no en el CCR durante todo el periodo, sólo Italia en 2006 no mantiene dicha categoría. Por tanto la ineficiencia de estos cinco países se debe a que no operan en la escala óptima. Estos cinco países, excepto Alemania, son periféricos respecto al centro de la U.E. y realizan un elevado porcentaje de sus servicios de transporte en territorio nacional. Estos servicios se caracterizan por los cortos recorridos y porcentajes de recorridos en vacío superiores a los servicios internacionales, por tanto la variable toneladas x kilómetros es menos relevante que en el transporte internacional. Justo lo contrario que Luxemburgo y Eslovaquia, que son países céntricos y pequeños con más del 90% de transporte internacional.

La eficiencia técnica de Dinamarca es la más baja en los modelos CCR y BCC de 2007. Sin embargo, la proximidad en las dos estimaciones de eficiencia técnica está asociada con alto grado de eficiencia de escala, mayor al 97%. Los resultados de Dinamarca sugieren que la escala operacional no tiene una contribución significativa a la ineficiencia del sistema. Por tanto, la ineficiencia técnica es el principal objeto del problema y eso se puede atribuir a un uso de la tecnología de forma inadecuada o deficiencias en la gestión de asignación de recursos. Otros países con una eficiencia de escala mayor al 98% e ineficiencia técnica son además de Noruega, cuatro países de Europa Central y Oriental recientemente incorporados a la U.E. (Lituania, Eslovenia,

Letonia y Hungría), lo que confirma la posición emergente de la Europa del Este dentro del mercado de transporte globalizado.

La evolución de la eficiencia media en el transporte de mercancías por carretera ha sido positiva durante el periodo 2003-2007, lo cual indica que la diferencia entre los mejores y los demás ha estado disminuyendo constantemente.

El enfoque utilizado para evaluar el crecimiento de la eficiencia son los índices de productividad de Malmquist.

En la Tabla 3 se resumen los valores medios de cambios en la eficiencia durante el periodo 2003-2007 mediante este índice y sus componentes.

Tabla 3. Evolución de la eficiencia medida con los índices de productividad de Malmquist.

DMU	Eficiencia Técnica	Cambio en Tecnología	Cambio eficiencia pura (VRS)	Cambio eficiencia escala	Cambio Productividad Total de los Factores
AT	0,994	0,994	0,983	1,011	0,987
BE	1,004	0,992	0,958	1,048	0,996
CY	1,009	0,995	1,000	1,009	1,004
CZ	1,045	0,991	1,010	1,035	1,036
DE	1,019	0,986	1,000	1,019	1,005
DK	0,997	0,993	0,982	1,015	0,989
EE	1,105	0,995	1,083	1,021	1,100
ES	1,017	0,994	1,000	1,017	1,011
FI	1,000	0,982	1,000	1,000	0,982
FR	1,009	0,993	0,981	1,029	1,002
HU	1,042	0,999	1,043	0,999	1,041
IE	1,010	0,994	0,988	1,022	1,004
IT	1,019	0,992	1,000	1,019	1,011
LT	1,036	0,995	1,027	1,009	1,030
LU	1,000	0,966	1,000	1,000	0,966
LV	1,086	0,994	1,079	1,007	1,079
NL	1,010	0,992	0,954	1,058	1,002
NO	1,019	0,988	1,016	1,003	1,007
PL	1,055	0,994	1,042	1,012	1,049
PT	1,050	0,993	1,070	0,981	1,043
SE	1,000	0,992	1,000	1,000	0,992
SI	1,062	0,994	1,043	1,018	1,055
SK	1,000	1,001	1,000	1,000	1,001
UK	1,035	0,972	1,000	1,035	1,007
MEDIA	1,026	0,991	1,010	1,015	1,016

El índice Malmquist (última columna) muestra un crecimiento para el período de 1.6%. Es interesante destacar cómo los países con mayor crecimiento de la productividad de los factores (por encima del 4%) son además de Portugal, cuatro de los 10 países del Centro-Este de Europa incorporados a la U.E. en 2004 (Hungría, Lituania, Polonia y Eslovaquia).

Destaca el contraste de crecimiento de componentes de eficiencia técnica, pura, escala y general (productividad total) con el empeoramiento de tecnología. Desde el punto de vista del procedimiento, esto se explica por un peor comportamiento de la frontera eficiente, las unidades eficientes que son las que determinan la posición de la frontera no cambian, no dejan de ser eficientes respecto a ninguno de los dos modelos considerados, pero si tienen un peor comportamiento a lo largo del tiempo. La explicación se puede encontrar en que los vehículos cada vez realizan más kilómetros, pero mayor porcentaje de los mismos en vacío, debido a los cambios en las formas de producción y distribución en la economía. Las prácticas de producción requieren entregas más frecuentes, menores costes de almacenamiento, productos y servicios más adaptados al cliente, servicios puerta a puerta, etc. Esto conlleva mayor utilización de recursos para transportar las mismas cantidades de toneladas x kilómetros. Por otra parte, la tendencia a cargar materiales menos pesados, aunque más voluminosos implica que la unidad utilizada como capacidad de carga (masa) no sea la más adecuada, puesto que se contabilizan como infrautilizadas vehículos que están siendo utilización a plena capacidad (en volumen).

Tabla 4. Resumen de los valores por años.

AÑO	Eficiencia Técnica	Cambio en Tecnología	Cambio eficiencia pura (VRS)	Cambio eficiencia escala	Cambio Productividad Total de los Factores
2004	1,038	1,002	1,005	1,033	1,040
2005	1,034	0,990	1,020	1,014	1,023
2006	1,003	0,983	1,011	0,992	0,986
2007	1,027	0,990	1,005	1,022	1,016
MEDIA	1,025	0,991	1,010	1,015	1,016

En la Tabla 4 se puede observar como el incremento de productividad se reparte a lo largo de los cinco períodos con cierta variabilidad, ya que existe un crecimiento máximo del 4% en 2004 y una reducción del 1.4% en 2006 (que como se comprueba en

varios resultados es un año con mal comportamiento). Estos datos se pueden explicar en parte porque 2006 coincide con un crecimiento de los recorridos en vacío superior a las toneladas x kilómetros transportadas. El año 2004, en el que se obtienen los mejores resultados, crece la componente tecnológica, coincide con la entrada en la UE de los países de Centro y Este de Europa, que como hemos comentado anteriormente, tienen los mejores comportamientos en el crecimiento de la productividad total de los factores.

## **5. CONCLUSIONES**

En el presente trabajo hemos estudiado la eficiencia y evolución de la misma en el sector del transporte de mercancías por carretera en los países de la UE durante el periodo 2003-2007. Se ha llevado a cabo utilizando las estadísticas publicadas por EUROSTAT y aplicando el Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Entre los principales resultados que se han obtenido del trabajo, podemos destacar los siguientes:

(1) La liberalización del transporte de mercancías por carretera en la UE ha favorecido la mejora en la eficiencia de los servicios, la diferencia entre los países más eficientes y los demás ha disminuido a lo largo del periodo, como se deduce de la evolución positiva de la eficiencia durante el periodo 2003-2007. Sin embargo, existe un potencial para mejorar entre 10% y 13% en los servicios de transporte.

(2) La localización geográfica de los países parece determinar en parte la eficiencia de escala. Los países más eficientes coinciden ser territorios pequeños-medianos, situados en el centro de grandes rutas de transporte y con elevados porcentajes de transporte internacional. Por el contrario, los países que presentan ineficiencias de escala son periféricos respecto al centro de la U.E. y realizan un elevado porcentaje de sus servicios de transporte en territorio nacional. Estos servicios se caracterizan por los cortos recorridos y porcentajes de recorridos en vacío superiores a los servicios internacionales, por tanto la variable toneladas x kilómetros es menos relevante que en el transporte internacional.

(3) Se confirma la posición emergente en el mercado del transporte de mercancías por carretera de los países de Europa Central y Oriental recientemente incorporados a la UE. Estos países son los que presentan un mayor crecimiento de la

productividad de los factores en el periodo 2003-2007. Su principal problema es de ineficiencia técnica, y no de escala. Eso se puede atribuir a un uso inadecuado de la tecnología o una gestión ineficiente en la asignación de recursos.

(4) Las nuevas formas de producción y distribución logística están provocando un peor comportamiento de las mejores unidades, lo que se refleja en un retroceso de la frontera eficiente. Se requiere cada vez entregas más frecuentes, menores costes de almacenamiento, productos y servicios más adaptados al cliente, servicios puerta a puerta, etc. lo que conlleva más recorridos en vacío y peor utilización de la capacidad de carga del vehículo. Esto puede explicarse en parte que aunque los países que determinan la posición de la frontera no cambian, sí tienen un peor comportamiento a lo largo del tiempo.

(5) Necesidad de estadísticas que midan la capacidad de carga del vehículo también en volumen (no solamente en masa). La tendencia a cargar materiales menos pesados, aunque más voluminosos implica que la unidad utilizada como capacidad de carga (masa) no sea la más adecuada, puesto que pueden contabilizarse como infrautilizados vehículos que están siendo utilizados a plena capacidad (en volumen).

(6) Los resultados obtenidos en el análisis del estudio son coherentes con los que obtendríamos si utilizáramos como variable el porcentaje de recorridos en vacío. Además de lo comentado en los puntos anteriores, se puede comprobar, por ejemplo la coincidencia en el descenso de la eficiencia en 2006 con el crecimiento de los recorridos en vacío superior a las toneladas x kilómetros transportadas en el mismo periodo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASMILD, M., HOLGAD, T., HOUGAARD, J. AND KRONBORG, D. (2009). "Railway reforms: do they influence operating efficiency". *Transportation*. No. 5, pp. 617-638.
- BANKER, R., CHARNES, A., COOPER, W. (1984). "Models for estimating technical and scale efficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science* 30, pp. 1078-1092.
- BARROS, C.P., DIEKE, P.U.C. (2008). "Measuring the economic efficiency of airports: A Simar-Wilson methodology analysis". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 44 (6), pp. 1039-1051.

- BONILLA, M., CASASÚS, T., MEDAL, A., SALA, R. (2004). "An efficiency analysis with tolerance of the Spanish port system". *International Journal of Transport Economics*. Volume 31, Issue 3, pp. 379-400.
- CANTOS, P., PASTOR, J.M., SERRANO, L. (1999). "Productivity, efficiency and technical change in the European railways: a non parametric approach". *Transportation* 26, pp. 337-357.
- CANTOS, P., PASTOR, J.M., SERRANO, L. (2008). "Vertical and Horizontal separation in the European Railway Sector: Effects on Productivity". *Documentos de Trabajo.Fundación BBVA*.
- CASCALES, F. (2007). " Revisión del libro blanco de transportes de la Unión Europea". *Revista DYNA*, Enero- Febrero 2007. Vol. LXXXII-1, pp. 35-36.
- CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R., DIEWERT, W.E. (1982). "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity". *Econometrica* 506, pp. 1393-1414.
- CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. (1978). "Measuring the efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research* 2, pp. 429-444.
- CHIOU, Y.-C., CHEN, Y.-H. (2006). "Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis ". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 42 (2), pp. 116-127.
- COMISIÓN EUROPEA (2001). "Libro Blanco de la política europea de transportes para 2010: Tiempo de decidir". COM370.
- COMISIÓN EUROPEA (2006). "Por una Europa en movimiento, -movilidad sostenible para nuestro continente - Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea de 2001". COM314.
- COMISIÓN EUROPEA. D.G. TREN (2009a). "Energy Transport in Figures. Statistical Pocketbook". [http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics_en.htm).
- COMISIÓN EUROPEA. D.G. TREN (2010). "Energy Transport in Figures. Statistical Pocketbook". [http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics_en.htm).
- COMISIÓN EUROPEA. D.G. TREN (2009b). "Road Freight Transport Vademecum".
- CULLINANE, K., WANG, T-F., SONG, D-W. AND JI, P. (2006). "The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 40, No. 4, pp.354-374.

- DAVIES, I., MASON, R., LALWANI, C. (2007). "Assesing the impact of ICT on UK general haulage companies". *International Journal of Production Economics* 106(1), pp. 12-27.
- FÄRE R., GROSSKOPF S., NORRIS M., ZHANG Z. (1994). "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries". *American Economic Review*. 84, (1), pp. 66-83.
- FERNANDES, E., PACHECO, R.R. (2002). "Efficient use of airport capacity". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 36 (3), pp. 225-238.
- HILMOLA, O-P. (2007). "European railway freight transportation and adaptation to demand decline –efficiency and partial productivity analysis from period of 1980-2003". *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol 56, nº 3, pp. 205-225.
- HUMPHREY, A.S., TAYLOR, G.D., USHER, J.S., WHICKER, G.L. (2007). "Evaluating the efficiency of trucking operations with weekend freight leveling". *International Journal of Physical Distribution and logistics Management*. Volumen 37, Issue 5, pp. 360-374.
- INGLADA, V., REY, B., RODRÍGUEZ-ALVAREZ, A., COTO-MILLÁN, P. (2006). "Liberalisation and efficiency in international air transport". *Transportation Research Part A* 40, pp. 95-105.
- JAIN, P., CULLINANE, S., CULLINANE, K. (2008). " The impact of governance development models on urban rail efficiency". *Transportation Research Part A*. 42, pp. 1238-1250.
- LEÓNARDI, J., BAUMGARTNER, M. (2004). "CO<sub>2</sub> efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential". *Transportation Research Part D* 9, pp. 451-464.
- LEOANARDI, J., RIZER, C., BROWNE, M., ALLEN, J., PÉREZ-MARTÍNEZ, J., WORTH, R. (2008). "Logistics Research Network". Conference proceedings, Univ. of Liverpool.
- LIN, L.C., TSENG, C.C. (2007). "Operational performance evaluation of major container ports in the Asia-Pacific region". *Maritime Policy and Management*. 34 (6), pp. 535-551.
- MCKINNON, A., LEONARDO, J. (2008). "The Collection of long distance road freight data in Europe". 8th Internacional Conference on survey methods in transport. 25-31 May 2008 in Annecy, France.

- MINISTERIO DE FOMENTO (2008). "Plan Estratégico de Actuación para el Transporte de Mercancías por Carretera PETRA II". <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/98E542E7-CCBB-48CF-BD17-BF4B2787061B/43018/PETRAIICompleto.pdf>.
- RUZZENENTI, F., BASOSI, R. (2009). "Evaluation of the energy efficiency evolution in the European road freight transport sector". *Energy Policy*, Volume 37, Issue 10, pp. 4079-4085.
- SEIFORD, L.M. (1996). "Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978–1995)". *Journal of Productivity Analysis* 7 (3), pp. 99-138.
- SAVOLAINEN, V-V., HILMOLA, O-P. (2009). "The relative technical efficiency of European transportation systems concerning air transport n railways". *Int. J. Business Performance Managment*, Vol. 11, Nos. 1/2, pp.19-42.
- TONGZON, J. (2001). "Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 35, N° 2, pp. 107-122.