

# **Análisis de la eficiencia y liderazgo de los puertos españoles por áreas geográficas**

## ***Efficiency and leadership analysis of the Spanish ports in geographical areas***

**Amparo Medal Bartual**  
**Ramón Sala Garrido**  
**Universitat de València**

Recibido, Noviembre de 2010; Versión final aceptada, Julio de 2011.

Palabras clave: Eficiencia, DEA, Tolerancias, Puertos.

Key words: Efficiency, DEA, Tolerance, Seaports.

Clasificación JEL: C61; L91

### RESUMEN

La reciente crisis económica deja atrás los niveles de crecimiento en los tráficos soportados por las diferentes Autoridades Portuarias de nuestro país en las últimas décadas. En este contexto de restricciones presupuestarias, los gestores financieros de las infraestructuras portuarias deben ser más selectivos y potenciar los puertos más eficientes y líderes en su entorno. Por ello, el objeto de nuestro trabajo es analizar la eficiencia de los puertos pertenecientes al Sistema Portuario Español, agrupados en diferentes áreas geográficas, para poder identificar el o los puertos más eficientes en dicha región. Dicho análisis se efectúa aplicando la metodología DEA con tolerancias, que permite la introducción de incertidumbre en el análisis.

### ABSTRACT

The recent economic crisis has accentuated the decrease of the traffic supported by the different Port Authorities in our country, during the last decades. In this context of budgetary restrictions, the financial managers of ports infrastructures should be more selective and enhance the most efficient and leader ports in their environment. Therefore, the purpose of this paper is to analyze the efficiency of the Spanish ports, grouped in different geographical areas, in order to identify the most efficient ports in those regions. Such analysis is performed using DEA methodology with tolerances, which allows the introduction of uncertainty in the analysis.

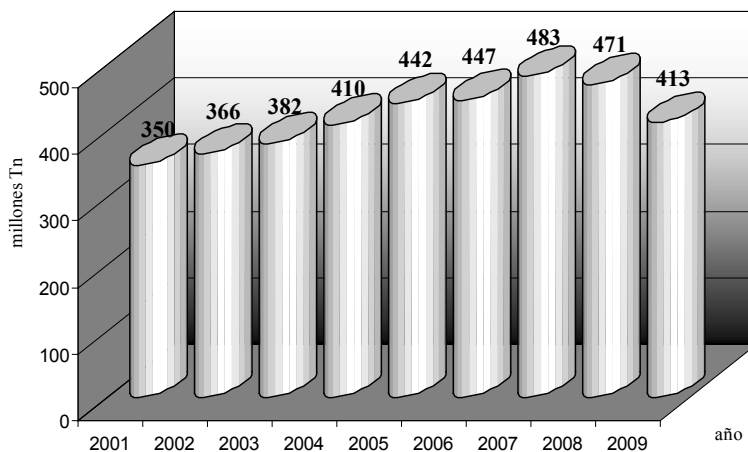
## 1.- INTRODUCCIÓN.

Los puertos españoles configuran un eje neurálgico en el desarrollo del transporte marítimo a nivel internacional y una plataforma logística para todo el Sur de Europa. Sus más de siete mil novecientos kilómetros de costa y un emplazamiento geográfico estratégico, confirman al territorio nacional como un punto de especial interés por sus establecimientos portuarios.

El hecho de que más de un 80% de nuestras importaciones y el 50% de las exportaciones (2008), medidas en Tn, pasan por los puertos de interés general ratifica la importancia a nivel económico del transporte marítimo en el ámbito nacional e internacional.

A pesar de estas cifras, a mediados del 2008 la reciente crisis económica, que ha afectado a la mayoría de sectores productivos nacionales, comenzó a hacer estragos en el tráfico portuario de la totalidad de los puertos pertenecientes al Sistema Portuario Español (SPE). En cifras, tal y como se refleja en la Figura 1, el tráfico total del SPE en el 2008 ascendió a 473,82 millones de toneladas, lo que supone un descenso, respecto al año anterior (483,16 millones de toneladas) del 1,93%. La misma tendencia puede observarse en el tráfico portuario del 2009 que, con un volumen total de 413 millones de toneladas, corrobora un descenso del tráfico del 12,31% respecto al período del 2008.

FIGURA 1  
EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO TOTAL DEL SPE (2001-2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico de PE (2001-2009)

En este nuevo contexto, caracterizado por las restricciones presupuestarias, corresponde a las Autoridades Portuarias la gestión y administración de los recursos de que disponen, en un marco de autonomía de gestión, “con criterios de eficacia, eficiencia y sostenibilidad ambiental”, tal y como la propia Ley 33/2010, de 5 de agosto<sup>1</sup>, expone.

Aunque desde principios de la década pasada, la normativa en vigor<sup>2</sup>, instauró los principios de autonomía de gestión y autosuficiencia económico-financiera de los puertos de interés general, los ingresos derivados de las tasas portuarias son complementados con las aportaciones recibidas del Fondo de Compensación Interportuario<sup>3</sup>, los recursos que sean asignados en los Presupuestos Generales del Estado o en los de otras Administraciones públicas (Presupuestos de Comunidades Autónomas), entre otros. Por tanto, es responsabilidad de los gestores financieros de las Autoridades Portuarias, de Puertos del Estado y de otros organismos públicos, asignar dichos recursos a las mejores inversiones o la modernización de las infraestructuras portuarias ya existentes de los puertos más eficientes.

Aunque son muchos los estudios que analizan la eficiencia de los puertos pertenecientes al actual Sistema Portuario Español desde un punto de vista global (Bonilla et al. 2002; Coto-Millán et al, 2000; etc.), es evidente el diferente emplazamiento de nuestros puertos a lo largo de toda la costa peninsular y área insular hace prever que no todas las regiones españolas compiten y se van a consolidar de igual forma en el comercio exterior, debido tanto a su propia idiosincrasia como a la estricta localización de sus puertos.

En este sentido, Tongzon (2009) concluye que los factores que determinan la selección de uno u otro puerto<sup>4</sup>, desde el punto de vista de los transportistas, son la eficiencia del puerto como factor más importante, seguido por la frecuencia de envío, la infraestructura adecuada y la ubicación geográfica del mismo, en cuarto lugar.

Es evidente que la selección de un puerto no depende exclusivamente de la cercanía entre los puertos de origen y destino, aunque pueda originar una importante reducción en los costes del transporte marítimo. No obstante, la evidencia empírica nos confirma que, por ejemplo, el 62,88% del tráfico marítimo procedente de Italia (en el 2009), en el ámbito nacional, fue atendido por los puertos de las Autoridades

1 Artículo 2.2. del capítulo 1 de la Ley 33/2010, de 5 de agosto, de modificación de la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios en los puertos de interés general.

2 Ley 27/1992.

3 El Fondo de Compensación Interportuario constituye un instrumento de redistribución de recursos del SPE y es administrado por Puertos del Estado.

4 Aunque el trabajo de Tongzon (2009) está basado en el estudio de los puertos del sureste de Asia, los resultados pueden generalizarse a otros puertos.

Portuarias de Barcelona, Tarragona y Valencia; mientras que los puertos pertenecientes a las Autoridades Portuarias de A Coruña, Bilbao, Ferrol o Santander, ubicados en el norte peninsular, recogieron el 45% del tráfico procedente de Gran Bretaña hacia España, en el ejercicio 2009<sup>5</sup>.

En definitiva, la localización geográfica de un puerto o la consideración de la región a la que pertenece, no es el factor decisivo a la hora de seleccionar un puerto pero debe ser considerada como una variable relevante en dicha elección. Por ello, el objeto de nuestro trabajo es analizar la eficiencia de los puertos pertenecientes al Sistema Portuario Español, agrupados en diferentes áreas geográficas, para poder identificar el o los puertos más eficientes en su entorno, líderes a nivel regional, que proporcionarán a los gestores estatales<sup>6</sup>, a los de las Comunidades Autónomas con responsabilidad sobre ellos, y los de las diferentes Autoridades Portuarias un punto de referencia para la toma de las decisiones financieras óptimas y una llamada a la mejora de los puertos ubicados en dicha región.

Para evaluar la eficiencia de los puertos del SPE, en función del área geográfica a la que pertenecen, hemos empleado como herramienta una de las extensiones del análisis DEA (*Data Envelopment Analysis*), conocida como DEA con tolerancias. Esta metodología permite introducir incertidumbre en las variables analizadas, definiendo tolerancias o posibles variaciones en los inputs o/y outputs seleccionados de las Autoridades Portuarias evaluadas. Al aplicar el DEA con tolerancias no sólo obtenemos información respecto a la eficiencia que posee cada uno de los puertos a partir de los datos seleccionados, sino el nivel de eficiencia que podrían alcanzar si variaran el input y outputs considerados, lo que permite la consideración de cierto grado de incertidumbre en el análisis aplicado.

Con este fin, hemos estructurado el trabajo en cinco epígrafes. Tras la presente introducción, en el segundo epígrafe describimos la metodología seleccionada para analizar dicha eficiencia: el análisis DEA con tolerancias. En el tercer epígrafe proponemos la clasificación de los puertos en función del área geográfica en la que se ubican y ratificamos la idoneidad estadística de la muestra seleccionada a partir de la aplicación del test de Kruskal-Wallis. En el cuarto epígrafe, detallamos los resultados obtenidos para estas áreas geográficas y procedemos a ordenar jerárquicamente los puertos de cada zona en función de su nivel de eficiencia, lo que nos permitirá detectar los puertos más eficientes, que ostentan el papel de liderazgo en cada una de las áreas geográficas definidas. Por último, en el quinto epígrafe, sintetizamos las principales conclusiones del análisis efectuado.

5 Datos extraídos del Anuario Estadístico del 2009 de Puertos del Estado.

6 Parte de los recursos de las Autoridades Portuarias proceden del Fondo de Compensación Interportuario, de los Presupuestos Generales del Estado o de otras Administraciones públicas.

---

## 2. ANÁLISIS DEA CON TOLERANCIAS.

---

La metodología utilizada para el estudio de la eficiencia del SPE es el “Análisis Envolvente de Datos”, conocido por su acrónimo en inglés de DEA<sup>7</sup>. Esta técnica, perteneciente a los denominados “métodos de frontera” y basada en la programación lineal, tiene por objeto la evaluación de la eficiencia y la productividad de un conjunto de instituciones o individuos, denominados en general “unidades” (DMUs o *decision-making units*). Una descripción de esta metodología tanto con medidas radiales y no radiales pueden verse, entre otros trabajos, en Caballero et al. 2009, Hernández-Sancho y Sala-Garrido, 2008; Hernández-Sancho y Sala-Garrido, 2009, así como en los libros de Coelli, 2005 y Cooper et al. , 2007.

Una de las hipótesis básicas que asume la metodología DEA es el determinismo en los datos<sup>8</sup>. No obstante, la realidad demuestra que para muchas variables, y numerosos contextos, este supuesto es difícil de mantener, y por ello se ha desarrollado una metodología basada en el análisis DEA que trata de superar esta restricción, considerando la posible existencia de variación o incertidumbre en los datos. Esta metodología es conocida como *DEA con tolerancias* (Bonilla et al. 2004, Boscá et al, 2006 y Boscá et al. 2011) introduce posibles cambios en las variables consideradas, definiendo tolerancias o variaciones en los inputs y/o outputs para la totalidad, o sólo para algunas, de las unidades o DMUs analizadas.

Aplicando las tolerancias (posibles variaciones en inputs y outputs, que pueden ser simétricas o no) obtenemos los valores máximos y mínimos que puede tomar cada variable junto con los valores originales de cada uno de los inputs y/o outputs de cada una de las DMUs. Tras resolver de nuevo el modelo DEA con dichas tolerancias, llegaríamos a obtener hasta 81 valores de los scores para cada DMU, o puertos pertenecientes al SPE en nuestro estudio. Con ello, obtendríamos información respecto a la eficiencia que posee cada uno de los puertos a partir de los datos seleccionados, y el nivel de eficiencia que podrían alcanzar si variaran el input y outputs considerados.

Con estas consideraciones, la formulación matemática del modelo DEA a resolver en el análisis de tolerancias viene dada por la ecuación [1]. En concreto, se trata de un modelo BCC<sup>9</sup>, que presupone rendimientos variables a escala para

7 *Data Envelopment Analysis*.

8 El determinismo en los datos implica que, una vez planteado y resuelto el problema, si se produce una ligera variación en uno o varios de los datos, deberíamos volver a resolver el mismo problema con la nueva información.

9 El análisis de eficiencia con rendimientos variables a escala, conocido como Modelo BCC, fue desarrollado inicialmente por Banker, Charnes y Cooper (1984).

las unidades evaluadas, es decir, los puertos del SPE, y presenta orientación input<sup>10</sup>.

$$\begin{aligned}
 E(x_{ij}^a, x_{j_0}^b, y_{ij}^c, y_{j_0}^d) = & \text{Min } \theta \\
 & \text{sujeto a} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}^a \leq \theta x_{j_0}^b \quad 1 \leq i \leq m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij}^c \geq y_{j_0}^d \quad 1 \leq r \leq s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0 \quad 1 \leq j \leq n
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde  $a, b, c, d \in \{m, o, M\} = \{\text{mínimo, original, máximo}\}$

Una vez obtenidos los niveles de eficiencia,  $\{E(x_{ij}^a, x_{j_0}^b, y_{ij}^c, y_{j_0}^d), a, b, c, d \in \{m, o, M\}\}$ , procederemos a ordenar las unidades productivas en función de su nivel relativo de eficiencia técnica. Para establecer el ranking de puertos en cada una de las zonas geográficas establecidas, vamos a emplear un proceso basado en la metodología propuesta por Boscá et al. (2011) en un contexto difuso o borroso, adaptándolo a la metodología DEA empleada en nuestro análisis. Se trata de un proceso de jerarquización fundamentado en el cálculo de dos ratios de eficiencia para la  $j_0$ -ésima unidad ( $R^1_{j_0}$  y  $R^2_{j_0}$ ), tal y como se definen en las ecuaciones [2] y [3]:

$$R^1_{j_0} = \frac{e_{j_0}}{\text{card}(\Gamma_{j_0})}
 \tag{2}$$

$$R^2_{j_0} = \begin{cases} \frac{S_{j_0} - e_{j_0}}{\text{card}(\Gamma_{j_0}) - e_{j_0}} & \text{si } \text{card}(\Gamma_{j_0}) \neq e_{j_0} \\ 0 & \text{si } \text{card}(\Gamma_{j_0}) = e_{j_0} \end{cases}
 \tag{3}$$

10 Los modelos de programación DEA pueden formularse tanto en orientación input como en orientación output. Si la orientación es de input el problema evalúa una unidad como eficiente si consigue obtener un determinado nivel de output con el mínimo input posible. Por el contrario, si la orientación es de output, implica que una unidad eficiente debe ser capaz de obtener el máximo output con unos inputs prefijados.

Siendo:  $e_{j_0}$  = número de veces que la unidad  $j_0$  es eficiente.

$S_{j_0}$  = la suma del total de ratios de eficiencia  $R^1_{j_0}$  para la unidad  $j_0$ .

$\text{car}(d\Gamma_{j_0})$  = número de veces que la unidad  $j_0$  puede llegar a ser eficiente, 81 para este problema.

El primer ratio de eficiencia ( $R^1_{j_0}$ ) podrá tomar valores entre  $[0, 1]$  y cuanto más se aproxime a la unidad, mayor número de veces habrá sido eficiente la unidad  $j_0$ . El segundo ratio,  $R^2_{j_0}$ , tomará el mismo rango de valores que el anterior y nos permitirá discernir qué unidad es más eficiente en el caso de que dos puertos obtengan el mismo valor para el primer ratio. Para el caso de  $R^1_{j_0} = 1$ , no se puede calcular el valor de  $R^2_{j_0}$ , y ello permite definir es estas DMU's como las más eficientes.

En consecuencia, para ordenar las unidades consideradas en función de su nivel de eficiencia, calcularemos los ratios anteriores y concluiremos que la DMU<sub>j</sub> es mejor que la DMU<sub>k</sub> si se cumple:

$$DMU_j > DMU_k \Leftrightarrow R^1_j > R^1_k$$

En caso de que los dos ratios obtengan el mismo valor para las unidades que estamos comparando, es posible deshacer el empate recurriendo al segundo ratio de eficiencia. En consecuencia, la DMU<sub>j</sub> será mejor que la DMU<sub>k</sub> si, obteniendo el mismo valor para el primer ratio, se cumple que:

$$DMU_j > DMU_k \Leftrightarrow R^1_j = R^1_k \text{ y } R^2_j > R^2_k$$

Una vez definido el marco teórico del modelo DEA con tolerancias procederemos a su aplicación sobre la totalidad de puertos gestionados por las diferentes Autoridades Portuarias que conforman el SPE actual. Como paso previo, en el siguiente epígrafe, describimos el procedimiento empleado para la determinación de dichas tolerancias.

### 3. AGRUPACIÓN REGIONAL DE LOS PUERTOS DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL

Actualmente, en España existen 53 puertos de interés general, gestionados por 28 *Autoridades Portuarias* (AAPP): A Coruña, Alicante, Almería, Avilés, Baleares, Barcelona, Bilbao, Cartagena, Castellón, Ceuta, Ferrol-San Cibrao, Gijón, Huelva, Algeciras, Bahía de Cádiz, Las Palmas, Málaga, Marín y Ría de Pontevedra, Melilla, Motril, Pasajes, Santa Cruz de Tenerife, Santander, Sevilla, Tarragona, Valencia, Vigo y Vilagarcía de Arousa, cuya localización geográfica queda reflejada en la Figura 2. La coordinación y control de las mismas corresponde al *Organismo Público Puertos del Estado (OPPE)*.

FIGURA 2  
**LOCALIZACIÓN DE LAS AAPP Y EL OPPE**



Fuente: Medal y Sala (2011).

La estructura o agrupación de las Autoridades Portuarias pertenecientes al SPE puede llevarse a cabo en función de diferentes criterios y con distintas finalidades.

Así, por ejemplo, el Organismo Público Puertos del Estado, al establecer previsiones sobre el tráfico, la capacidad y el grado de utilización de los distintos puertos nacionales, en el denominado “Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes” (PEIT) del 2009, establece una agrupación de puertos en función de su pertenencia a una de las diferentes fachadas que ocupa el litoral español. En concreto, en el PEIT se definen 3 grupos de puertos pertenecientes a la fachada insular, la fachada norte/noroeste y la fachada sur/este.

Otro de los criterios de agrupación de los puertos del SPE tradicionalmente más empleados está basado en la distribución de sus tráficos, distinguiendo entre puertos graneleros sólidos o líquidos, puertos en los que predomina el tráfico de mercancía general o puertos mixtos, en los que distintos tipos de tráficos compiten a niveles similares.



**CUADRO 1**  
**PUERTOS CLASIFICADOS POR REGIONES**

<b>GRUPOS</b>	<b>PUERTOS</b>
Grupo 1 Puertos de Andalucía	Almería
	Bahía de Algeciras
	Bahía de Cádiz
	Huelva
	Málaga
	Motril
	Sevilla
Grupo 2 Puertos del Norte peninsular	Avilés
	Bilbao
	Gijón
	Pasajes
	Santander
Grupo 3 Puertos no peninsulares	Baleares
	Ceuta
	Las Palmas
	Melilla
	S.C. Tenerife
Grupo 4 Puertos peninsulares del Mediterráneo	Alicante
	Barcelona
	Cartagena
	Castellón
	Tarragona
	Valencia
Grupo 5 Puertos de Galicia	A Coruña
	Ferrol-San Cibrao
	Marín y Ría de Pontevedra
	Vigo
	Vilagarcía

Fuente: Elaboración propia

Como tercera clasificación de los puertos pertenecientes al SPE, proponemos definir 5 áreas geográficas (Cuadro 1): Andalucía, región del norte peninsular, área Mediterránea, Galicia y un último grupo que incluiría al resto de puertos que quedan fuera de la península. Aunque este último grupo puede resultar el más heterogéneo en cuanto a la ubicación geográfica de los puertos que lo componen, los resultados

que obtendríamos tras aplicar el análisis DEA a grupos compuestos por uno, dos o tres individuos, serían irrelevantes e imprecisos, puesto que seguramente todos ellos resultarían muy eficientes al compararse consigo mismo o con otro muy similar.

Esta última clasificación es la que vamos a emplear en el estudio desarrollado en los siguientes epígrafes y es la estructura que nos permitirá analizar con mayor profundidad la eficiencia de los puertos en función de su localización geográfica.

A nivel práctico, con esta agrupación pretendemos identificar conjuntos de puertos con un área de influencia similar y un tejido empresarial o comercial común, buscando dar respuestas a cuestiones cómo qué puerto es el más eficiente en grupo, qué área presenta el conjunto más eficiente de puertos o qué unidades deben constituirse en referencias para cada área geográfica o región.

A nivel teórico, el análisis de la eficiencia por grupos o sectores a través de la metodología DEA exige que dichas agrupaciones sean diferentes entre sí, lo que hace necesario corroborar a nivel empírico este hecho.

Para conocer si los grupos definidos proceden de una misma población (son similares entre sí) o, por el contrario, presentan características que los hacen diferentes entre sí, debemos proceder a la aplicación de pruebas estadísticas, tanto paramétricas como no paramétricas. En nuestro estudio hemos aplicado el test de Kruskal-Wallis, propuesto por William Henry Kruskal y W. Allen Wallis en 1952, que se trata de una prueba no paramétrica que no exige el cumplimiento de determinadas condiciones habituales en otros estadísticos, como la normalidad de los datos.

A nivel estadístico, la prueba de Kruskal-Wallis sirve para contrastar la hipótesis de que  $k$  muestras cuantitativas han sido obtenidas de la misma población, es decir, si existen diferencias entre varias muestras no relacionadas. En consecuencia, la hipótesis a contrastar es la siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{Las } k \text{ muestras provienen de la misma población} \\ H_1 = \text{Alguna muestra proviene de una población diferente al resto} \end{array} \right.$$

Si como resultado de la aplicación de dicha prueba obtenemos un nivel de significación estadística ( $p$ ) mayor a 0,05, estaremos aceptando la hipótesis nula definida y, por tanto, las muestras analizadas (grupos de puertos) no serán significativamente diferentes unas de otras, sino similares. Si, por el contrario, obtenemos un valor de  $p$  menor o igual a 0,05 rechazaremos la hipótesis de partida y concluiremos que las muestras presentan diferencias significativas siendo, por tanto, grupos diferentes entre sí.

La aplicación del test de Kruskal-Wallis se ha efectuado sobre las variables representativas del análisis, esto es, los outputs e inputs seleccionados para el estudio posterior de la eficiencia portuaria.

En nuestra opinión, los tráficos portuarios son variables indicativas de la relevancia e importancia de un puerto, por lo que hemos considerado como output de nuestro análisis los diferentes tipos de tráfico (en miles de toneladas) distinguiendo entre: graneles sólidos (GS), graneles líquidos (GL), mercancía general no contenerizada (MG) y mercancía general en contenedores (CONT).

En cuanto al input, hemos escogido el inmovilizado total neto (en miles de euros) como variable representativa de la estructura de los puertos y clave en la importancia relativa de los mismos. Aunque inicialmente, consideramos junto al inmovilizado neto total otras variables indicativas de la infraestructura propia de cada puerto (metros lineales de atraque, número de grúas y otros medios mecánicos, metros de calado, área de superficie, etc.) así como el personal disponible en cada puerto, nos decantamos por un único input puesto que, por un lado, la medición de estas variables por parte de todas las Autoridades Portuarias no es homogénea, lo que podría llevar a errores en su medida; y por otro lado, un análisis de la correlación entre el inmovilizado total de cada puerto y otros tipos de inputs como los metros lineales de atraque, el número de grúas, o área de la superficie (ver Bonilla et al. 2004), corroboró la existencia de un alto nivel de correlación entre las variables consideradas.

La consideración del inmovilizado como input imprescindible en nuestro estudio también viene avalada por numerosas investigaciones en el área de la eficiencia portuaria, tanto a nivel nacional como internacional. Así, los trabajos de Barros y Athanassiou (2004); Turner et al. (2004); Cullinane et al. (2005 y 2006); o Wang y Cullinane (2006), entre otros, emplean la variable del inmovilizado portuario como único input del análisis de la eficiencia relativa de los puertos analizados.

A este respecto, señalamos que la conocida como “regla de Cooper”<sup>11</sup> avala la selección de un número pequeño de variables como inputs/outputs dado que los puertos pertenecientes a las diferentes áreas es un número reducido. En nuestro caso, aunque en algunos casos tenemos tantas variables como unidades, incumpliendo ligeramente la “regla de Cooper”, no tiene excesiva importancia ya que no deseamos sólo conocer el nivel o *score* de la eficiencia de las distintas unidades, sino que pretendemos determinar los puertos más eficientes, líderes en su entorno, lo que conlleva establecer un ranking u ordenación jerárquica entre los diferentes puertos de cada una de las regiones<sup>12</sup>.

11 La Regla de Cooper (Charnes y Cooper, 1990) establece que el número de unidades del análisis debe ser (aproximadamente) entre 1,5 y dos veces el número de variables ya que, en otro caso, proporcionaría muchas unidades “eficientes”.

12 El método que vamos a emplear en la jerarquización de los puertos permite ordenar las unidades aunque varias de éstas hayan alcanzado el *score* máximo en el análisis de eficiencia.

Como horizonte temporal se ha considerado los valores medios del período comprendido entre el 2005 y el 2009<sup>13</sup>. En el Cuadro 2 presentamos, a modo de resumen, los principales estadísticos de las variables seleccionadas como input y outputs en nuestro análisis. En concreto, queda reflejado el valor promedio de dichas variables (media), los valores máximo (Max) y mínimo (Min) de la muestra, y su desviación típica (desviación).

**CUADRO 2**  
**ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES UTILIZADAS (2005-2009)**

	INMOV	GL	GS	MG	CONT
	(miles de Euros)	(miles de Tn.)	(miles de Tn.)	(miles de Tn.)	(miles de Tn.)
Media	417.984,18	5.518	2.826	1.734	4.569
Max	1.746.508,00	20.497	12.456	8.492	42.482
Min	70.019,00	2	33	123	-
Desviación	389.154,21	6.756,94	2.970,80	2.165,85	10.543,53

Fuente: Elaboración propia

Dado que algunos de los valores mínimos son cero (por ejemplo, hay puertos que no tienen terminales de contenedores), se ha procedido a sustituir estos valores por una cota inferior de valor 0,01, de forma que no afecte al posterior cálculo de los scores de eficiencia.

La aplicación del test de Kruskal-Wallis a las variables seleccionadas con la variable de agrupación la de las zonas seleccionadas nos proporciona los siguientes resultados mostrados en el Cuadro 3:

**CUADRO 3**  
**TEST DE KRUSKAL-WALLIS SOBRE LAS VARIABLES DEL ANÁLISIS**

	INMOV	GL	GS	MG	CONT
P-value	0.069	0.035	0.042	0.099	0.048

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

Tal y como se deduce del Cuadro 3, el nivel de significación estadística toma unos valores menores a 0,05 en la mayoría de los casos (para las variables GL, GS y CONT), y en los dos restantes menores de 0,1 (MG e INMOV). Observando estos

13 Esto nos permitirá considerar, en parte, los efectos de la crisis actual sobre los valores anteriores.

resultados podemos corroborar que los grupos analizados si son significativamente distintos entre sí<sup>14</sup> y, por tanto, podemos analizar la eficiencia los puertos de cada una de las regiones definidas de forma individualizada.

No obstante, ello podría presentar algunas dudas, y por ello se ha decido realizar otra prueba sobre la independencia de los grupos, esta segunda prueba, es la aplicando el test de Kruskal-Wallis para los grupos definidos sobre los **scores** que se obtienen tras el análisis de eficiencia global<sup>15</sup> para las 28 Autoridades Portuarias. Como resultado, tal y como se observa en el Cuadro 4, obtenemos un nivel de significación estadística de 0,045, menor a 0,05, lo que significa que rechazamos la hipótesis nula y ratificamos que los grupos analizados son significativamente distintos entre sí. Por tanto, es factible analizar la eficiencia portuaria para cada una de las zonas geográficas definidas anteriormente.

CUADRO 4  
**TEST DE KRUSKAL-WALLIS SOBRE LOS SCORES DE EFICIENCIA**

SCORES	
P-value	0.045

Fuente: Elaboración propia con SPSS.

---

#### 4. ANÁLISIS DE EFICIENCIA POR ÁREAS GEOGRÁFICAS. ORDENACIÓN JERÁRQUICA EN CADA ZONA.

---

Para poder aplicar el análisis DEA con tolerancias a los diferentes grupos definidos es necesario definir previamente dichas tolerancias, esto es, el rango de variación de cada una de las variables empleadas, para cada uno de los puertos de la muestra.

A este respecto cabe señalar que la determinación arbitraria de las posibles variaciones de los inputs y outputs condicionarían los resultados, pudiendo derivarse incluso conclusiones inviábiles, alejadas de la realidad. Por este motivo, lo razonable es seleccionar unas tolerancias que representen variaciones factibles en los inputs y outputs, considerando las soportadas en los años previos. En concreto, teniendo en cuenta los datos de los últimos ejercicios económicos (2005-2009), es decir el

14 Con un nivel de significación del 5% y del 10% según las variables indicadas.

15 El análisis de la eficiencia de la totalidad de puertos se ha realizado con un modelo DEA BCC (suponiendo rendimientos variables a escala para los puertos) definido según la ecuación [1]), a partir de los datos utilizados, y usando como input (inmovilizado neto) y outputs (los diferentes tipos de tráfico).

mismo periodo que los datos, y siguiendo el procedimiento establecido en Bonilla et al. (2004), se han obtenido las tolerancias<sup>16</sup> representadas en la Tabla 5. Esto permite tomar en consideración un panel de datos pero de una forma más ajustada.

Respecto a los datos recogidos en el Cuadro 5 queremos destacar el hecho de que existen valores negativos para algunas variables (por ejemplo, el puerto de Almería presenta una variación del -23,48% en los gráneles líquidos). Una explicación a los valores negativos podría recaer en la actual crisis económica que ha provocado una gran recesión, en general, y elevados descensos en el tráfico portuario, en particular. En el Cuadro 5 también se aprecian valores muy elevados para otras variables (por ejemplo, este mismo puerto tiene una variación del 665%<sup>17</sup> en el tráfico de contenedores). Estos grandes incrementos en los tráficos son debidos principalmente a la puesta en funcionamiento de nuevas terminales de contenedores y de gráneles líquidos, que responde a medidas puntuales, de carácter extraordinario. Por ello, se ha estimado oportuno limitar el incremento máximo de estas terminales a un 25%, ya que estos valores puntuales podrían afectar a algunos de los resultados de determinadas unidades, si consideráramos estas variaciones extraordinarias como habituales se distorsionarían las conclusiones del análisis.

Los resultados tras la aplicación de estas tolerancias a los diferentes grupos se exponen en las tablas siguientes (Cuadros 6 a 10). Cada una de las tablas recoge el valor original del *score* que mide el nivel de eficiencia del puerto, y los valores de los ratios  $R^1$  y  $R^2$ , descritos en el segundo epígrafe, que nos van a permitir ordenar los puertos en función de su nivel relativo de eficiencia técnica.

Como se ha mencionado con anterioridad, el no cumplimiento de la “regla de Cooper” conlleva que muchos de los puertos analizados en los diferentes grupos obtengan el *score* unitario o máximo, pero ello no impide la ordenación de los mismos en base a los criterios de expuestos con anterioridad.

En cada una de las tablas se ha señalado el puerto que encabeza la ordenación así como el segundo del ranking. La determinación del segundo mejor puerto en el grupo viene justificada por el hecho de que no todos los puertos tienen la misma especialización. Por ello, puede que el primer puerto en el ranking sea referente para un tipo de puertos especializados en determinado tipo de tráfico, pero el segundo de la lista presente una idiosincrasia totalmente distinta al anterior, destacando y siendo referente para puertos especializados en otros tráficos.

16 Las tolerancias o variaciones se consideran simétricas, es decir, los cambios por la izquierda (inferiores o negativos) son iguales a las variaciones por la derecha (superiores o positivas).

17 El incremento del tráfico de contenedores del puerto de Almería que pudiera parecer, en principio, desmedido es debido, principalmente, a que la mercancía contenerizada pasó de 149 Tn en el 2007 a 3.314 Tn en el 2008.

**CUADRO 5**  
**TOLERANCIAS A APLICAR A LOS DIFERENTES PUERTOS**

PUERTO	TRÁFICOS				INMOV
	GL	GS	MG	CONT	
Almería	-23,48%	-7,61%	9,42%	665,24%	14,87%
Bahía de Algeciras	6,39%	6,62%	9,16%	2,36%	11,28%
Bahía de Cádiz	16,95%	5,62%	-4,64%	2,91%	4,15%
Huelva	1,83%	-4,31%	4,77%	0,00%	3,11%
Málaga	19,47%	-13,71%	14,84%	17,74%	5,31%
Motril	2,75%	-15,06%	2,01%	0,00%	9,81%
Sevilla	-13,46%	-5,25%	6,33%	8,45%	12,50%
Avilés	-9,11%	0,99%	5,04%	-12,98%	8,14%
Bilbao	5,55%	8,50%	1,35%	3,94%	0,47%
Gijón	0,48%	-4,91%	22,67%	75,20%	35,75%
Pasajes	0,00%	-10,26%	4,51%	0,00%	-0,87%
Santander	11,14%	-9,54%	3,94%	147,95%	0,15%
Baleares	0,84%	-2,58%	1,74%	-16,74%	4,26%
Ceuta	24,31%	0,85%	5,09%	4,71%	2,94%
Las Palmas	-0,35%	-12,44%	3,34%	5,21%	5,21%
Melilla	-1,23%	-22,27%	0,05%	8,32%	13,25%
Santa Cruz de Tenerife	-0,58%	-9,92%	-4,25%	-5,07%	5,22%
Alicante	-7,06%	-12,26%	-1,58%	-0,86%	6,25%
Barcelona	-0,49%	-4,61%	8,87%	8,28%	11,78%
Cartagena	-0,63%	-2,77%	3,49%	6,49%	3,19%
Castellón	-4,39%	6,88%	16,97%	34,61%	9,18%
Tarragona	2,31%	2,27%	10,17%	105,95%	4,45%
Valencia	83,52%	-5,01%	13,44%	16,19%	15,57%
A Coruña	-4,26%	-9,05%	18,08%	15,89%	28,87%
Ferrol-San Cibrao	40,76%	5,78%	15,60%	372,56%	7,86%
Marín y R. Pontevedra	0,00%	-5,59%	-1,21%	2,41%	7,56%
Vigo	-0,07%	-12,07%	5,77%	3,93%	5,67%
Vilagarcía	-2,26%	-4,06%	11,38%	112,70%	12,62%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, concretamos los resultados obtenidos según las áreas geográficas definidas.

### 1.- Puertos de Andalucía:

En el estudio de la eficiencia de la región de Andalucía (Cuadro 6), destaca el puerto de Bahía de Algeciras como el más eficiente del grupo. A este respecto cabe añadir que en estudios previos (Bonilla et al. 2002, Medal y Sala, 2011) se ha corroborado que la Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras es una unidad influyente que no presenta el mismo comportamiento que el resto de los puertos analizados<sup>18</sup> y condiciona significativamente la eficiencia de los mismos.

**CUADRO 6**  
**SCORES DE EFICIENCIA Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PUERTOS DE ANDALUCÍA**

	Score original	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
Almería	0,6644	0,2462	0,5960
Bahía de Algeciras	1	1	
Bahía de Cádiz	0,7016	0,3827	0,6463
Huelva	0,2287	0	0,2310
Málaga	1	0,7037	0,9372
Motril	0,7010	0,3951	0,6228
Sevilla	0,3920	0	0,3969

Fuente: Elaboración propia

Observando la ordenación obtenida a partir de los dos ratios señalados anteriormente, podemos comprobar que el puerto Málaga detenta el segundo lugar en el ranking establecido. La Autoridad Portuaria de Málaga presenta un tráfico mayoritario de mercancía general y es claramente más eficiente que otros puertos de la misma zona que también soportan un tráfico importante de mercancía general, como son Bahía de Cádiz o Sevilla.

En principio, estos resultados indican que en el sur peninsular se debería priorizar la inversión en los puertos según la ordenación establecida, y adoptar ambas Autoridades Portuarias como referentes locales en la gestión portuaria.

18 El puerto de Bahía de Algeciras consigue gestionar un gran volumen de tráficos, mayoritariamente graneles líquidos, y numerosos transbordos dada su posición geográfica, con una infraestructura menor que el resto de puertos del sistema. Esto le proporciona mejores niveles de eficiencia respecto a los demás puertos en cada ejercicio y condiciona la eficiencia relativa del resto de unidades.



## 2.- Puertos del Norte peninsular

En el norte peninsular ocurre lo mismo que en la región anterior: el puerto de Bilbao, destacado en el tráfico de gráneles líquidos y en contenedores, junto con el puerto de Pasajes, de carácter mixto, ostentan el primer y segundo puesto del ranking en función de su nivel de eficiencia (Cuadro 7).

Estos dos puertos cubrirían prácticamente todas las necesidades de tráfico portuario del Norte Peninsular.

CUADRO 7  
**SCORES DE EFICIENCIA Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PUERTOS DEL NORTE PENINSULAR**

	Score original	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
Avilés	0,6131	0	0,86183
Bilbao	1	1	
Gijón	0,3040	0	0,2505
Pasajes	1	0,9136	0,8830
Santander	0,5079	0	0,4702

Fuente: Elaboración propia

## 3.- Puertos no peninsulares

Respecto a los puertos insulares, destacan en eficiencia (por orden) los puertos de Santa Cruz de Tenerife y Baleares, seguidos de cerca del puerto de Las Palmas (Cuadro 8).

CUADRO 8  
**SCORES DE EFICIENCIA Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PUERTOS NO PENINSULARES**

	Score original	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
Baleares	1	0,9753	0,9844
Ceuta	0,5935	0	0,6211
Las Palmas	1	0,8373	0,9298
Melilla	0,2130	0	0,2156
Santa Cruz de Tenerife	1	1	

Fuente: Elaboración propia

La comparativa y selección portuaria dentro de este grupo resulta más arriesgada, puesto que son puertos muy condicionados a su posición geográfica, cubren áreas muy diversas y presentan características muy diferentes entre sí.

Por ello, opinamos que tendrían que potenciarse en su totalidad, puesto que ese carácter de extraterritorialidad les obliga a tener todo tipo de tráfico.

#### 4.- Puertos peninsulares del Mediterráneo

En el Mediterráneo no andaluz (Cuadro 9), dos puertos destacan del resto por sus niveles de eficiencia: Valencia y Cartagena.

El primero en el ranking, el puerto de Valencia, es puerto con mayor tráfico de contenedores a nivel nacional. Con un inmovilizado algo inferior al del puerto de Barcelona (uno de sus principales competidores a nivel regional), en el 2009 el puerto de Valencia consiguió superarlo en más de 22 millones de toneladas en el tráfico de mercancía general<sup>19</sup>, lo que justifica su mejor calificación en cuanto a niveles de eficiencia.

CUADRO 9  
**SCORES DE EFICIENCIA Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PUERTOS  
PENINSULARES DEL MEDITERRÁNEO**

	Score original	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
Alicante	0,1964	0,0494	0,4016
Barcelona	0,5507	0,3704	0,5054
Cartagena	1	0,9852	0,9965
Castellón	0,6657	0,6691	0,7518
Tarragona	0,7155	0,7356	0,7777
Valencia	1	1	

Fuente: Elaboración propia

El segundo puesto en el ranking lo ocupa el puerto de Cartagena, con un carácter granadero de líquidos. Son, por tanto, puertos muy diferentes que cubrirían de una forma más eficiente el tráfico portuario en dicha región.

19 El tráfico de mercancía general del puerto de Valencia fue de 48.212 miles de Tn. en el 2009, mientras que el Puerto de Barcelona movió 26.117 miles de Tn. de mercancía general en ese mismo período.

### 5.- Puertos de Galicia

Respecto a los puertos de Galicia (Cuadro 10) cabe señalar que los puertos de Vigo y A Coruña son los más eficientes de la región. De nuevo, al igual que sucede en las áreas anteriormente analizadas, los puertos más eficientes de esta zona geográfica presentan características muy diferentes entre sí; mientras que el puerto de Vigo presenta una clara especialización en mercancía general y un tráfico notable de contenedores, el puerto de A Coruña destaca por su gráneles, tanto líquidos como sólidos.

**CUADRO 10**  
**SCORES DE EFICIENCIA Y JERARQUIZACIÓN DE LOS PUERTOS DE GALICIA**

	Score original	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
A Coruña	1	0,8998	0,8143
Ferrol-San Cibrao	0,4969	0	0,5305
Marín y Ría de Pontevedra	0,6641	0,3086	0,6243
Vigo	1	1	0
Vilagarcía	0,4220	0	0,4865

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, cada una de las áreas geográficas podría tener cubiertas todas sus necesidades básicas de tráficos con muy pocos puertos. Ello no debe significar la desaparición de los restantes puertos, sino que debe buscarse para ellos alguna alternativa interesante para poder mantener unos niveles de eficiencia que atraiga mercancías e inversiones específicas, como por ejemplo el tráfico de cruceros o de líneas marítimas de viajeros, etc.

## 5. CONCLUSIONES.

Del análisis efectuado podemos concluir que el Sistema Portuario Español no es un ente homogéneo, sino que el emplazamiento geográfico de sus puertos y la naturaleza del tráfico portuario que soportan, permite identificar grupos de puertos ubicados en diferentes zonas geográficas del territorio nacional.

Aunque la eficiencia portuaria ha sido enfatizada por la recientemente publicada Ley 33/2010, de 5 de agosto, y analizada desde una óptica global para la totalidad del SPE por una extensa literatura (Bonilla et al. 2002 y 2004; Coto-Millán et al, 2000; etc.) consideramos relevante y novedoso el estudio de la eficiencia de los puertos pertenecientes al SPE atendiendo al área o zona geográfica en la que se ubican.

Con este fin hemos diferenciado 5 regiones o grupos de puertos distribuidos a lo largo de territorio nacional: región de Andalucía, región del norte peninsular, área Mediterránea, Galicia y un último grupo que incluiría al resto de puertos que quedan fuera de la península. Tras comprobar que realmente estos puertos constituyen regiones que pueden ser consideradas como grupos significativamente diferentes entre sí, a través del Test de Kruskal Wallis, hemos procedido al análisis de la eficiencia portuaria en un ámbito regional aplicando la metodología DEA con tolerancias (Bonilla et al. 2004).

La finalidad de este análisis es identificar el o los puertos más eficientes de cada región, que ostentan el papel de líderes en su entorno, y pueden ser tomados como referencia en la toma de decisiones de inversión y financiación por los gestores portuarios. En un contexto caracterizado por la autonomía financiera de las Autoridades Portuarias, es responsabilidad de los gestores financieros de dichas instituciones, de Puertos del Estado y de otros organismos públicos, asignar los recursos financieros disponibles a las mejores inversiones en los puertos más eficientes.

Como resultado, hemos podido comprobar que en cada una de las regiones definidas, tan sólo unos pocos puertos presentan un nivel de eficiencia considerable. En concreto, cabe destacar los puertos de Bahía de Algeciras y Málaga como los más eficientes de Andalucía, mientras que el norte peninsular está liderado por los puertos de Bilbao y Pasajes. Respecto al área del Mediterráneo (no andaluz), los puertos de Valencia y Cartagena ostentan el papel de líderes y en la región de Galicia dicha credencial corresponde a los puertos de Vigo y A-Coruña. Por último, entre los puertos ubicados fuera de la península destacan en eficiencia los puertos de Santa Cruz de Tenerife y Baleares.

Todos ellos, representan entidades que han sabido gestionar un nivel superior de tráfico con un nivel de inmovilizado similar a sus competidores, o bien, han sido capaces de tratar el mismo nivel de tráfico a partir de un inmovilizado menor al resto de puertos de su correspondiente área geográfica.

En definitiva, cada una de las regiones señaladas podría tener cubiertas todas sus necesidades básicas de tráficos con muy pocos puertos, aquellos que han demostrado ser los más eficientes. Estos puertos deben ser reforzados en infraestructuras y ser dotados con una accesibilidad ferroviaria adecuada, en detrimento de otros puertos de la misma región menos eficientes.

Esta afirmación no debe entenderse como una sentencia para extinguir el resto de puertos menos eficientes en cada una de las regiones consideradas. Nuestra propuesta consiste en potenciar los puertos más eficientes, buscando a los puertos menos eficientes alternativas adecuadas (especialización en tráfico de cruceros, líneas marítimas de viajeros, etc.) que les permita mantener unos niveles de eficiencia adecuados.

## BIBLIOGRAFÍA

- BANKER, R. D.; CHARNES, A. y COOPER, W. W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (9), 1078-92.
- BARROS, C. y ATHANASSIOU, M. (2004): "Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal". *Maritime Economics & Logistics*, vol. 6, 122-40.
- BONILLA, M., CASASUS, T., MEDAL, A. and SALA, R. (2002): "The traffic in the Spanish ports: An efficient analysis." *International Journal of Transport Economics*. Vol. XXIX. N 2, 215-230
- BONILLA, M., CASASUS, T., MEDAL, A. and SALA, R. (2004): "An efficiency analysis with tolerances of the Spanish ports system." *International Journal of Transport Economics*. Vol. XXXI. N 3, 379-400
- BOSCA, J.E.; LIERN, V.; MARTINEZ, A. y SALA, R. (2006): "Ordenación de unidades productivas mediante optimización con incertidumbre". *Rect@*. Vol. 7. 119-138.
- BOSCA, J.E.; LIERN, V.; MARTINEZ, A. y SALA, R. (2011): Ranking decision making units by means of soft computing DEA models." *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*. Vol. 19 (1) 115-134.
- CHARNES, A. y COOPER, W.W. (1990): *Data Envelopment Analysis*. En H.E. Bradley (Eds). Operational Research'90. Pergamon Press. Oxford.
- CABALLERO, R. ; GÓMEZ, T. y SALA, R. (2009): ¿El cambio de entrenador de fútbol durante la temporada mejora el rendimiento del equipo?. *Rect@*. Vol. 10. 159-177.
- COELLI T J, RAO D S P, O'DONNELL C J, BATESSE G E (2005): *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer, New York.
- COOPER, W.W., SEIFORD L.M. y Tone, K. (2007), *Data Envelopment Analysis*. Springer. New York.
- COTO-MILLÁN, P., BAÑOS-PINO, J. y RODRIGUEZ-ÁLVAREZ A. (2000): "Economic Efficiency in Spanish Ports: Some Empirical Evidence". *Maritime Policy y Management*. 27(2), 169-174.
- CULLINANE, K. P. B.; SONG, D. W.; JI, P. y WANG T. F. (2005): "The Relationship between Privatization and DEA Estimates of Efficiency in the Container Port Industry". *Journal of Economics & Business*, vol. 57, p. 433-62.
- CULLINANE, K. P. B.; SONG, D. W.; JI, P. y WANG T. F. (2006): "The Technical Efficiency of Container Ports: Comparing Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis". *Transportation Research Part A*, vol. 40, n. 4, p. 354-74.
- DEL BARRIO, M. JOSÉ; HERRERO, LUIS CÉSAR; SANZ, JOSÉ ÁNGEL (2009): "Measuring the efficiency of heritage institutions: A case study of a regional system of museums in Spain". *Journal of Cultural Heritage*, 10 (2), 258-268.
- ESPAÑA. Ley 33/2010, de 5 de agosto, de modificación de la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios en los puertos de interés general. *Boletín Oficial del Estado*, 7 de agosto del 2010, núm. 191, p. 68986.
- HERNADEZ-SANCHO, F. y SALA-GARRIDO, R. (2008): "Medida de la eficiencia ambiental en la industria de la cerámica española". *Rect@*. Vol. 9. 87-100.
- HERNADEZ-SANCHO, F.; SALA-GARRIDO, R. y SOLER I MARCO, V. (2009): "Eficiencia productiva y externalidades territoriales en la PYME industrial: Análisis dinámico del efecto distrito". *Rect@*. Vol. 10. 197-221.
- KRUSKAL, W.H. Y WALLIS, W.A. (1952): "Use of ranks in one-criterion variance analysis". *Journal of American Statistics Association*. 47 (260). 583-621.
- MEDAL, A. y SALA, R. (2011): *Análisis de la eficiencia del Sistema Portuario Español: estructura, evolución y perspectivas*. Edita: Fundación VALENCIAPORT. Serie: Planificación y Gestión Portuaria. España.
- PUERTOS DEL ESTADO (2000-2009): *Anuario Estadístico del Sistema Portuario de Titularidad Estatal*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- PUERTOS DEL ESTADO (2009): *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes*. Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento.
- TONGZON, JOSE L. (2009): "Port choice and freight forwarders". *Transportation Research. Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 45. 186-195.

- TURNER, H.; R. J. WINDLE, y DRESNER, M. (2004): "North American container port productivity: 1984–1997". *Transportation Research, Part E*, vol. 40, n. 4, p. 339–56.
- WANG, T. F. y CULLINANE, K. (2006): "The Efficiency of European Container Terminals and Implications for Supply Chain Management". *Maritime Economics & Logistics*, vol. 8, n. 1, p. 82–99.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Los autores desean agradecer los valiosos comentarios de los dos evaluadores anónimos, ya que sus sugerencias han permitido mejorar de forma notable el contenido de este trabajo. La existencia actual de errores o inexactitudes es de responsabilidad única de los autores.