

**X Encuentro de Economía Pública:
Tenerife 2003. 6 y 7 de febrero
Universidad de La Laguna**

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA EN ESPAÑA:

UNA APLICACIÓN AL TRÁFICO DE CONTENEDORES

(FEBRERO DE 2003)

Marianela González Serrano

Lourdes Trujillo Castellano

Departamento de Análisis Económico Aplicado

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

1. Introducción

En las últimas décadas se han desarrollado profundas transformaciones en el transporte marítimo que pueden centrarse en el aumento del tamaño de los buques y en el desarrollo del transporte de mercancías en contenedores. Los buques post panamax, que aparecen en los años ochenta, y los denominados de quinta generación, surgidos a finales de los noventa, obligan a los puertos a crecer para atender las nuevas necesidades que la mayor cantidad de contenedores que estos buques transportan imponen. La rapidez con que se ha extendido el uso de los contenedores (entre 1980 y 1995 el número de contenedores transportados en todo el mundo casi se ha multiplicado por cuatro) radica en que el diseño de tamaños estándar para los mismos ha reportado las siguientes ventajas: sencillez de almacenamiento y desarrollo de equipos especializados en el manejo de contenedores, lo que a su vez ha facilitado la manipulación de la mercancía desde los barcos a tierra o a otros modos de transporte, permitiendo reducir el tiempo de carga/descarga de la mercancía.

Así pues, los puertos deben crecer para atender las nuevas necesidades que el transporte marítimo ha impuesto a través de estos buques. Sin embargo, no todos los puertos pueden incrementar su capacidad tanto de atraque como de almacenamiento. Se impone pues una mejora sustancial de la eficiencia de las operaciones portuarias para dar respuesta al incremento de las operaciones contenerizadas. Al mismo tiempo, los cambios tecnológicos experimentados por el transporte marítimo, unidos a la existencia de un entorno altamente competitivo, han ocasionado transformaciones importantes en la industria portuaria, que ha pasado de ser una actividad intensiva en mano de obra a estar altamente mecanizada, y, al mismo tiempo, han propiciado la apertura de un debate sobre el funcionamiento eficiente de los puertos.

En el año 2001, la red de puertos españoles de titularidad estatal movió 18,5 millones de pasajeros y 348,4 millones de toneladas a través de un total de 112.000 buques. El número de contenedores, expresados en TEUs (Twenty-feet Equivalent Unit), ascendió a 7,5 millones. Estas cifras ofrecen una idea aproximada de la relevancia que el sistema portuario tiene en la economía española y de la magnitud del desarrollo del tráfico de contenedores

(han crecido a una tasa del 11,4% anual desde 1992 hasta 2001) y de la consiguiente necesidad de inversión (tasa anual acumulada del 7,9%) para adecuar los puertos españoles a las exigencias de la demanda.

El objetivo que se plantea en este trabajo es analizar la eficiencia del sistema portuario español de titularidad estatal en relación al servicio de prestación de infraestructura. El análisis se centra en el tráfico de contenedores porque su manejo requiere infraestructuras específicas a las que se destinan gran cantidad de fondos públicos; están en plena expansión; y su estandarización facilita la integración intermodal. El periodo temporal objeto de análisis es el comprendido entre los años 1992 y 2000.

Este trabajo es el primero en el que se combinan los siguientes aspectos metodológicos: analizar la eficiencia técnica de los puertos españoles que manejan contenedores y utilizar la función de distancia en un contexto portuario multiproducto. Si bien el carácter multiproductivo de la industria portuaria ha sido tratado en los estudios que aplican el Data Envelopment Análisis (DEA), no existen precedentes de aplicaciones paramétricas multiproducto en el sector portuaria y la única función de distancia empleada considera un solo producto (Baños, Coto y Rodríguez, 1999).

Este estudio se organiza de la siguiente forma. En la sección 2 se presentan las principales características de los puertos. Las diferentes modalidades de gestión y administración portuaria se muestran en el epígrafe 3. El apartado 4 se dedica a la descripción del sistema portuario español. En la sección 5 se trata la aplicación empírica, describiéndose los datos empleados, detallando la metodología y exponiendo los principales resultados. Las conclusiones de este trabajo se recogen en la sección 6.

2. Características de los puertos

Definición

Los puertos son instalaciones que tienen como función principal la transferencia de pasajeros y mercancías entre mar y tierra y viceversa. La Unión Europea (Parlamento Europeo, 1993) define los puertos en términos de área portuaria, constituida por un

conjunto de muelles, dársenas y superficie terrestre donde se realizan las operaciones de servicio a buques y carga. Se incluye dentro de esta área tanto la infraestructura (muelles, áreas de almacenamiento, astilleros etc.) como la superestructura, que incluye unidades fijas construidas sobre la infraestructura (edificios, talleres, etc.) como equipos móviles (grúas, etc.). Para acceder al área portuaria es preciso contar con infraestructuras de acceso marítimo (canales de acceso, ayudas a la navegación, etc.) y terrestre (carreteras y redes ferroviarias y ríos de navegación interior).

Importancia económica

La relevancia económica de los puertos procede del hecho de que la mayor parte del comercio exterior de una región se realiza por vía marítima. A modo de ejemplo cabe citar que en torno al 90% del comercio internacional de la Unión Europea se realiza por vía marítima. Esta cifra aumenta considerablemente en los territorios insulares, donde la práctica totalidad de los bienes entran y salen por los puertos.

Algunos autores llegan a afirmar que los puertos son una de las fuerzas principales que mueven la economía (Suykens y Van de Voorde, 1998), incluso las acciones de la Unión Europea tendentes a aumentar las inversiones en puertos e infraestructuras de transporte tratan de promover la cohesión económica de las regiones.

Los puertos constituyen un enlace relevante en la cadena de transporte, de manera que el nivel de eficiencia de los puertos afecta en gran medida a la competitividad del país, ya que la eficiencia portuaria se traduce en menores precios de exportación, lo que a su vez favorece la competitividad de los productos del país en los mercados internacionales. Para mantener una posición competitiva en dichos mercados, las naciones necesitan conocer los factores que condicionan la eficiencia de sus puertos, y establecer comparaciones continuas del grado de eficiencia entre los puertos que integran el sector nacional y también con los puertos de otras regiones.

Carácter intermodal

Se trata pues de unidades económicas y de prestación de servicios de una notable

trascendencia que se configuran como lugares de intercambio entre dos modos de transporte, el marítimo y el terrestre, bien sea por carretera o por ferrocarril, de ahí que un aspecto crucial de los mismos sea su carácter intermodal. En este sentido, la UNCTAD afirma que los puertos son intercambiadores entre varios modos de transporte y, por tanto, son centros de transporte combinado.

Indivisibilidad, larga duración y elevado coste de las infraestructuras

La mayoría de las infraestructuras portuarias (así como los elementos de superestructura) tienen unas dimensiones mínimas con independencia del volumen de tráfico, es decir, podrán ser utilizadas en su capacidad máxima o por debajo de ella. Esto se traduce en que el crecimiento de tales infraestructuras no es continuo, siendo frecuente los casos de sobrecapacidad y congestión de las infraestructuras portuarias. Gran parte de estos elementos de infraestructura y superestructura portuaria son sumamente costosos y tienen una vida útil elevada. Estas características son esgrimidas para justificar la provisión de las grandes infraestructuras portuarias por el sector público, ya que a las empresas privadas les sería difícil obtener una tasa de retorno aceptable durante un tiempo considerablemente alto que les permita recuperar unos costes muy elevados. El resultado podría ser una provisión de infraestructuras inferior a la óptima. Sin embargo, en lo que respecta a las infraestructuras propias de una terminal, es frecuente en la actualidad encontrar inversión privada.

Naturaleza de la demanda de los servicios portuarios

Al igual que sucede con otros modos de transporte, la actividad portuaria, en general, no se genera por sí misma, sino que responde a la actividad económica de una región. El crecimiento económico y el desarrollo de la producción industrial y del comercio determinan una mayor demanda de servicios de transporte marítimo, aumentando así el negocio portuario que, como se observa, está altamente condicionado por los ciclos económicos.

En el ámbito portuario adquiere relevancia el concepto de coste generalizado para determinar el coste del servicio. Este concepto engloba no solamente el precio de los

servicios portuarios, sino también el tiempo de espera y los costes del transporte terrestre hasta que la mercancía llega a su destino final.

A pesar de que inicialmente pudiera pensarse que la demanda de servicios portuarios es inelástica, dada la pequeña proporción que los costes portuarios suponen en la cadena de transporte, lo cierto es que la consideración del coste generalizado introduce, a través de la reducción de los tiempos de espera, un elevado grado de competencia entre los prestatarios de los servicios portuarios (tanto dentro de un puerto, como entre varios puertos de una región). Este hecho hace pensar que el grado de sustitución entre puertos es elevado y, por tanto, que la elasticidad de la demanda de los servicios portuarios es considerable, sobre todo si se trata de tráfico que no genera carga ni descarga (por ejemplo, aprovisionamiento) o de mercancía en tránsito (Martínez Budría, 1993). Los puertos insulares pueden considerarse como una excepción, ya que el tráfico cautivo que en ellos se genera, determina una demanda de servicios portuarios bastante inelástica, pues el transporte aéreo no es una alternativa factible, salvo en el caso de bienes perecederos.

Carácter multiproductivo de la actividad portuaria

Los puertos no son organizaciones en las que se produzca un único servicio, por el contrario, en ellos se desarrollan múltiples actividades, interviniendo en su prestación una gran variedad de agentes (autoridades portuarias, remolcadores, consignatarios, etc), cada uno de los cuales persigue su propio objetivo.

En los recintos portuarios no solamente se produce el intercambio de pasajeros y mercancía, sino que además se prestan servicios a los buques y se desarrollan actividades comerciales e industriales. Incluso no puede considerarse que la mercancía que transita por los puertos sea un bien homogéneo, sino que los diversos tipos de carga (contenedores, graneles, etc.) son tan diferentes que requieren instalaciones y servicios especializados.

Como consecuencia de esta diversidad de actividades se aconseja no estudiar el puerto como un todo, sino centrar el análisis en una actividad concreta (Nombela y Trujillo, 1999) y en un tipo de carga específico y un número de puertos limitado (Tongzon, 1995-a, 1995-

b, 2001). Estache, González y Trujillo (2002) ponen de manifiesto la confusión que existe en la literatura en relación a la delimitación del ámbito que abarcan los estudios.

3. Organización y gestión portuaria

La multiplicidad de actividades y de operadores que tienen lugar en el ámbito portuario exige la existencia de un organismo que realice las labores de coordinación. Si bien en la mayor parte del mundo la gestión de los puertos es llevada a cabo por autoridades portuarias, pueden encontrarse grandes diferencias entre países, incluso entre los puertos de un mismo país. Tales diferencias aparecen fundamentalmente en términos del tipo de propiedad de la autoridad portuaria y de su responsabilidad en la gestión y prestación de instalaciones y servicios. Así pueden encontrarse naciones en las que el sistema portuario es gestionado por el gobierno central, mientras que otros países siguen un modelo más descentralizado, pudiendo encontrar puertos de responsabilidad local o municipal.

Por tanto, no puede afirmarse que exista un modelo estándar de gestión portuaria. Por el contrario, pueden encontrarse numerosos estilos de administración y que pueden clasificarse de varias maneras. La literatura de economía portuaria suele distinguir dos modelos de autoridad portuaria (Goss, 1990; Thomas, 1994; Heaver, 1995):

- Comprehensive. En este modelo la autoridad portuaria proporciona y mantiene la responsabilidad directa de todas las instalaciones y servicios portuarios, estando prohibido que los operadores independientes realicen actividades en el puerto, aunque en ocasiones se les permite efectuar tareas menores, como recogida de basuras.

- Landlor. Bajo este esquema, el papel de la autoridad portuaria se limita a proporcionar y mantener las infraestructuras básicas (muelles, carreteras, etc.) y los servicios esenciales (por ejemplo, seguridad), mientras que el resto de servicios (manipulación de mercancía, remolque, etc.) son proporcionados por terceras empresas, propietarias de los elementos de superestructura portuaria, que pueden ser públicas o privadas. En la actualidad los puertos tienden a adoptar este tipo de organización portuaria. Ejemplos Buenos Aires, Róterdam, España.

Otros autores como Baird (1995) y Juhel (1997) introducen una modalidad nueva, lo que permite diferenciar tres tipos de puertos: landlord (coincide con la clasificación anterior), services (con las mismas características que los puertos comprehensive) y tool. Esta última categoría, que es la novedosa, constituye un caso intermedio entre los puertos comprehensive y los landlord. Es decir, en estos puertos la autoridad portuaria además de ser propietaria y gestionar la infraestructura también lo es de la superestructura. Los servicios portuarios son prestados por empresas en régimen de licencia y concesión. Para Cullinane y Song (2002) los puertos tool constituyen una variante de los landlord. Como ejemplos cabe citar los puertos de Amberes (Bélgica) y Seattle (Estados Unidos).

4. El sistema portuario español

Hasta 1992 en el sistema portuario español coexistían dos modelos de gestión de los puertos de interés general. El primero estaba integrado por los puertos de Barcelona, Bilbao, Valencia y Huelva, que se regían por los denominados estatutos de autonomía. El segundo modelo abarcaba al resto de los puertos que, gestionados por unos organismos autónomos comerciales denominados Juntas de Puertos, configuraban una red centralizada.

En 1992 se acomete una reforma portuaria caracterizada por el desarrollo de nuevas estructuras organizativas y por la introducción de nuevos procedimientos de gestión. Este marco permitió que la gestión de los puertos pasara de un sistema intervencionista, basado en criterios administrativos, a un modelo único de gestión, mucho más descentralizado que, basado en un concepto comercial de los servicios portuarios, incorpora mecanismos para garantizar el interés general. Se trata, en definitiva, de mantener y generalizar las ventajas experimentadas por el régimen de Puertos Autónomos y, al mismo tiempo, dotar al sistema de mayor autonomía de gestión y de procedimientos de gestión empresarial para hacer frente a la rigidez planteada por el anterior sistema de Juntas de Puertos.

El objetivo fundamental perseguido por la reforma era definir un marco institucional que permitiera la gestión y prestación eficiente de los servicios portuarios y asegurar que la transferencia de mercancías se desarrolle en condiciones de rapidez, economía y seguridad.

El sistema portuario español de titularidad estatal está constituido por el ente público Puertos del Estado, organismo encargado de ejecutar la política portuaria y de coordinar y controlar el sistema, y por 27 Autoridades Portuarias, que son entidades públicas con objetivos y procedimientos de gestión empresarial y dotadas de gran autonomía de gestión, que administran 47 puertos. Estos puertos son calificados de interés general en virtud de la concurrencia de algunas de ciertas condiciones que, en términos generales, pueden resumirse en el desarrollo de actividades comerciales. Junto a ellos, existe un conjunto de puertos, competencia de las comunidades autónomas, caracterizados por ser de refugio, deportivo y, en general, no comerciales.

Si bien la reforma y modificaciones de la regulación portuaria introducidas en los años noventa tenía como objetivo la descentralización del sistema, reforzando la autonomía de las autoridades portuarias, las decisiones en materia de inversión se toman de manera semi-centralizada, ya que se requiere la coordinación de Puertos del Estado, que dispone además de cierto grado de discrecionalidad en lo relativo a la financiación de estas obras.

La experiencia vivida tras cinco años desde la puesta en marcha de la reforma y la incidencia cada vez mayor del sistema portuario en la economía nacional, aconsejaron la adaptación del modelo de organización para adecuarlo a un entorno cambiante, de manera que se mejore la posición competitiva del sistema portuario español. A tal fin se diseña una modificación de la reforma que persigue alcanzar las siguientes metas:

- Reforzar la autonomía funcional y de gestión de las Autoridades Portuarias para que desarrollen su actividad con procedimientos de gestión empresarial, al mismo tiempo que se reducen algunas de las funciones del ente público Puertos del Estado.
- Regular la participación de las Comunidades Autónomas en la organización de los puertos de interés general a través de los órganos de gobierno de las Autoridades Portuarias.
- Potenciar la presencia del sector privado en las operaciones portuarias.

5. Aplicación empírica

Debido a la heterogeneidad de actividades que se desarrollan en los puertos y a la diversidad de mercancías manejadas en ellos, varios autores sugieren restringir el estudio

de los puertos a un reducido número de ellos y a un tipo de carga determinado. Siguiendo esta recomendación en este trabajo se va a estudiar el tráfico de contenedores de los principales puertos españoles. Se trata de un tráfico muy concentrado, 7 de las autoridades portuarias (Algeciras, Baleares, Barcelona, Bilbao, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife y Valencia) manejan más del 90% y si se incluyen otras dos (Alicante y Vigo) el porcentaje se eleva al 95%. Por otra parte, ya se ha mencionado el notable avance que está experimentando el contenedor. En este sentido, en 2001 el índice de contenerización (calculado como el porcentaje que la mercancía en contenedor representa sobre la mercancía general) medio de estos puertos se sitúa en el 61%.

Sin embargo, los contenedores no son la única mercancía que manejan estos puertos, ni siquiera para algunos de ellos, son la más importante. Por ejemplo, el puerto de Algeciras es el primer puerto español en tráfico de contenedores (índice de contenerización del 88% en 2000) y se sitúa entre los 25 mundiales y, sin embargo, en su estructura de tráfico los graneles líquidos tienen casi tanta importancia (41%) como los contenedores (47%). Ello justifica que en este análisis se incorpore la naturaleza multiproductiva que caracteriza a la industria portuaria. A tal efecto, se consideran dos productos: mercancía contenerizada y no contenerizada.

La unidad de análisis es la autoridad portuaria, que puede tener bajo su control un puerto o varios de ellos, como ocurre con las autoridades portuarias de Baleares (Palma de Mallorca, Alcudia, Mahón, Ibiza y Cala Sabina) Alicante (Alicante y Torrevieja) Valencia (Valencia, Gandía y Sagunto) Las Palmas (Las Palmas, Arrecife y Puerto del Rosario) y Santa Cruz de Tenerife (Santa Cruz de Tenerife, Los Cristianos, San Sebastián de La Gomera, Santa Cruz de La Palma y La Estaca). El periodo temporal contemplado abarca los años 1992 a 2000.

Para definir la tecnología portuaria se han empleados dos variables representativas del producto portuario y tres factores productivos, que se detallan a continuación:

Producción

- **Mercancía contenerizada** (número de contenedores). Esta variable puede medirse en unidades de contenedor, en toneladas de mercancía que se transportan en dicho contenedor

y en TEUS (Twenty-foot Equivalent Unit). Varios autores consideran que utilizar las toneladas no es correcto, sino el número de movimientos de contenedor (Cullinane et al., 2002). Sin embargo, en ocasiones al no disponer de este dato, algunos autores recurren al número de TEUS (Cullinane et al., 2002, Notteboom et al., 2000). La opción seguida en este trabajo es la recomendada por la literatura (unidades).

- **Mercancía no contenerizada** (toneladas). El resto de la carga que pasa por un puerto se ha obtenido restando al tráfico total (granel líquido, granel sólido, mercancía general, avituallamiento, pesca fresca y tráfico local) la mercancía en contenedor.

Factores productivos

- **Muelle** (metros lineales). Incluye tanto los de la autoridad portuaria como los de particulares (por ejemplo astilleros). No se han incluido los muelles con calado inferior a 4 metros, por tratarse de espacios destinados, fundamentalmente a actividades náutico-deportivas.

- **Superficie terrestre** (metros cuadrados). Esta superficie incluye almacenes, viales y resto (jardines, edificios, etc.) en la zona I y también la zona II.

- **Grúas** (GT/número). Esta variable se ha aproximado por el tamaño medio de los portacontenedores, que se obtiene dividiendo la capacidad total del buque entre el número total de portacontenedores. Se ha incluido esta variable como una aproximación a las grúas, en el sentido de que es de esperar que los puertos que reciben portacontenedores más grandes, tengan grúas mayores y más especializadas.

La función de distancia

La función de distancia, introducida por Shephard (1953, 1970), permite estimar la eficiencia relativa de las empresas en relación a la frontera tecnológica que es descrita por la función de distancia. Las ventajas que presenta esta función han llevado a su selección frente a otros métodos de estimación de fronteras. Entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Permite acomodar procesos multiproductivos. Esta característica es de especial interés en el estudio del sector portuario, dada la variedad de actividades que en esta industria se desarrollan. Incluso si la investigación se centra en una actividad concreta, como puede ser

la prestación de servicios de infraestructura, es preciso tener en cuenta que tal infraestructura es utilizada por diferentes tipos de mercancías, incluso por los pasajeros pasan por los puertos.

- No requiere el establecimiento de supuestos optimizadores. La validez del supuesto de minimización de costes ha sido ampliamente cuestionada en el ámbito de las empresas públicas o reguladas. Así pues, contar con una técnica que no imponga un comportamiento optimizador de la empresa es de gran utilidad en el análisis del sector portuario.
- Sólo precisa datos físicos, no siendo necesario contar con información de precios de productos ni precios de factores. Al igual que sucede en otros sectores regulados, la literatura en materia portuaria también muestra su acuerdo en la dificultad de obtener precios fiables en esta industria.

La función de distancia puede definirse con una orientación al input o al output. La orientación al input caracteriza una tecnología mediante la mínima reducción equiproporcional del vector de inputs, dado un vector de outputs. La orientación al output caracteriza una tecnología mediante la máxima expansión equiproporcional del vector de outputs, dado un vector de inputs.

El carácter derivado de la demanda de servicios portuarios, unido a dificultad de admitir el supuesto de minimización de costes en el sector portuario, justifican la selección de la función de distancia con orientación al input, que se define como el mayor escalar por el que se pueden dividir proporcionalmente todos los factores de producción y continuar obteniendo la misma cantidad de producto. En términos matemáticos la función de distancia con tal orientación se expresa como sigue:

$$D_I(y, x) = \max_{\delta} \{ \delta : x / \delta \in L(Y) \}$$

donde y es el vector de productos, x el de factores y $L(Y)$ el conjunto necesidades de inputs.

La función de distancia debe cumplir las propiedades siguientes: decreciente en outputs; no decreciente en inputs; homogénea de grado 1 en inputs; cóncava en inputs; dual de la función de costes; $D_I(y, x) \geq 1$, si $x \in L(y)$; $D_I(y, x) = 1$, si x está en la frontera de $L(y)$.

El modelo empírico

La aplicación empírica de una función de distancia requiere la definición de una forma funcional apropiada. Es deseable que la forma funcional presente las ventajas siguientes: debe ser flexible, fácilmente calculable y, por último, debe permitir imponer la condición de homogeneidad. La forma funcional translogarítmica (en adelante translog) cumple con estas condiciones y por ello en la actualidad se emplea por la mayoría de los autores en todos los campos de investigación. Por estas razones, en este trabajo se estima una función distancia translog que, en su versión orientación a los inputs, se expresa como sigue:

$$\ln D_i = \alpha_i + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mi} + 1/2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mi} \ln y_{ni} + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{ki} + 1/2 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{ki} \ln x_{li} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{ki} \ln y_{mi} + T_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

donde y es un vector que contiene M productos, x es un vector de K factores, i hace referencia a la empresa i -ésima, y ε_{it} es un término de error simétrico, independiente e idénticamente distribuido como una $N(0, \sigma^2)$. En esta ecuación $\alpha_i = \alpha - \eta_i$, donde α_i son los efectos individuales específicos de cada empresa, α es la constante y η_i es el término que recoge la ineficiencia técnica. El modelo contempla efectos temporales que están contemplados en el término T_t . Las variables están expresadas en desviaciones con respecto a su media geométrica.

Para obtener la frontera es preciso que D_i sea igual a la unidad, por lo que el término de la izquierda de la ecuación, al tomar el logaritmo neperiano, tendrá un valor igual a cero. El cumplimiento de la condición de homogeneidad exige que se cumplan las siguientes restricciones:

$$\sum_{m=1}^M \alpha_m = 1; \quad \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} = 0; \quad \sum_{m=1}^M \delta_{km} = 0$$

La condición de simetría exige que se cumpla: $\alpha_{mn} = \alpha_{nm}$, y $\delta_{km} = \delta_{mk}$.

En el modelo anterior la ineficiencia técnica viene dada por la expresión siguiente:

$$ET_i = \exp(\alpha_i - \max \alpha_i)$$

Resultados

Se han estimado dos modelos, cuya única diferencia reside en la naturaleza atribuida a la variable tamaño del buque. En el modelo 1 esta variable se supone que representa una simple variable de control, mientras que en el modelo 2 se considera a esta variable como un input, imponiéndosele, por tanto, las condiciones de homogeneidad.

Los resultados de la estimación se recogen en la tabla 1 donde puede observarse que los parámetros de primer orden presentan los signos esperados y además son significativos. Los parámetros de las variables de producto son negativos, indicando que la distancia a la frontera se reduce cuando se aumenta la producción. Por el contrario, los parámetros de los inputs son positivos, lo que refleja que si se reducen los inputs, para un nivel dado de producto, la distancia también se acorta. El signo positivo de la variable de control, recogida en el modelo 1, indica que la distancia aumenta cuando aumentan las grúas (aproximadas por el tamaño de los barcos) porque esto permite producir la misma cantidad de producto con menos inputs (desplazamiento de la isocuanta hacia dentro). Los efectos temporales indican regreso técnico, resultado que alcanzaron Baños et al., 1999 al estimar una función de coste variable. Este resultado revela en este caso, donde los inputs son fundamentalmente infraestructura, que con el paso del tiempo los inputs se han incrementado a una tasa mayor que la producción. Esto podría indicar que hay exceso de inversión o que debido a la indivisibilidad del capital en este momento hay exceso de capacidad.

Los índices de eficiencia técnica, calculados a partir de los efectos individuales tomando como puerto de referencia el de Algeciras, se presentan en la tabla 2. Entre los años 1992 y 2000 la eficiencia técnica media de los puertos españoles de contenedores oscila entre el 65-70%, según el modelo considerado.

Puede apreciarse que, en ambos modelos, el ranking de eficiencia permanece estable, aunque algunos puertos intercambian posiciones. Otro aspecto que llama la atención es que se confirma el resultado de que los puertos mayores ocupan los puestos inferiores del ranking, esto es, los de menor eficiencia, y lo contrario sucede con los puertos más

pequeños de la muestra, que son los más eficientes técnicamente. Este resultado ha sido obtenido en estudios anteriores que emplean una metodología paramétrica (Baños, et al., 1999 y Coto, Baños y Rodríguez, 2000).

Tabla 1. Resultados de la estimación de una función distancia translog

Variable	Modelo 1		Modelo 2	
	Coefficiente	t-estadístic.	Coefficiente	t-estadístic.
Constante	0.4164	1.7026*	0.2819	1.5168
Cont	-0.0833	-0.5540	-0.1820	-1.8518*
Nocont	-0.2224	-1.5493	-0.2297	-2.6399**
Mlle	0.4644	6.6741**	0.3380	6.9745**
Sup	0.5356	7.7899**	0.3090	5.6650**
Ship	0.2413	2.7015**	0.3530	8.5731**
Cont*Cont	0.0736	0.2935	0.3145	2.0471**
Nocont.*Nocont	-0.2954	-1.6882*	-0.1578	-1.4001
Mlle*Mlle	-0.3066	-1.1170	-0.4183	-2.1776**
Sup*Sup	-0.3066	-1.1170	-0.1770	-1.0480
Ship*Ship	0.1072	0.5724	0.2308	1.7316*
Cont*Nocont	0.0568	0.2866	-0.0602	-0.4460
Cont*Mlle	-0.3639	-1.7728*	-0.0504	-0.3443
Cont*Sup	0.3639	2.0130**	0.2022	1.7187*
Cont*Ship	-0.1103	-0.6582	-0.1518	-2.6874**
Nocont*Mlle	0.3047	1.2786	0.0812	0.6407
Nocont*Sup	-0.3047	-1.3743	-0.1027	-0.7868
Nocont*Ship	0.0937	0.6378	0.0214	0.3130
Mlle*Sup	0.3066	1.0779	0.4131	2.9110**
Mlle*Ship	0.2753	1.5922	0.0052	0.0634
Sup*Ship	-0.2753	-1.7786*	-0.2360	-2.6214**
Año 2	-0.1216	-2.9079**	-0.0971	-3.4528**
Año 3	-0.1333	-2.8300**	-0.0835	-2.5652**
Año 4	-0.1625	-2.8750**	-0.0998	-2.4697**
Año 5	-0.2296	-3.8115**	-0.1655	-3.9173**
Año 6	-0.2553	-3.4446**	-0.1796	-3.4715**
Año 7	-0.3003	-3.3188**	-0.2200	-3.6374**
Año 8	-0.3068	-2.8564**	-0.2395	-3.3413**
Año 9	-0.3437	-2.9464**	-0.2429	-3.1038**

* estadísticamente significativo diferente de cero al 10%

** estadísticamente significativo diferente de cero al 5%

Tabla 2. Índices de eficiencia técnica

Puerto	Modelo 1		Modelo 2	
	Eficiencia	Ranking	Eficiencia	Ranking
6. Algeciras	0.7034	4	0.7802	4
Alicante	1.0000	1	0.6978	5
Baleares	0.9211	2	1.0000	1
Barcelona	0.2802	9	0.4012	9
Bilbao	0.6909	5	0.8873	2
Las Palmas	0.5216	7	0.6478	6
S/C Tenerife	0.7310	3	0.8578	3
Valencia	0.3845	8	0.4882	8
Vigo	0.6274	6	0.5510	7
Media	0.6511		0.7013	

6. Conclusión

En este trabajo se ha analizado la eficiencia técnica de los principales puertos españoles en tráfico de contenedores en el periodo 1992-2000. A pesar de que el estudio se centra en puertos de contenedores la estimación se ha efectuado teniendo en cuenta que los puertos que forman la muestra también manejan otros tipos de mercancías.

Los índices de eficiencia se han derivado de la estimación de una función de distancia orientada a los inputs que refleja los puertos considerados han alcanzado un índice medio de eficiencia del 65-70%. Además se ha puesto de manifiesto que el grado de eficiencia y el tamaño de los puertos mantienen una relación inversa.

El resultado alcanzado sugiere una serie de investigaciones adicionales que tendrán como objetivos los siguientes:

- Incorporar la variable pasajeros al vector de productos. Los estudios de eficiencia en el sector portuario solamente han considerado como producto portuario los diferentes tipos de

mercancía que pasan por los puertos. Sería la primera vez que se introduce en el vector de producción a los pasajeros, variable especialmente relevante en los puertos seleccionados (en el año 2000 el 77% de los pasajeros del sistema portuario español utilizaron los puertos analizados).

- Introducir variables de entorno, no controladas por las autoridades portuarias, que influyan en la eficiencia de las mismas. Un ejemplo puede ser la posición geográfica de los puertos, que determina, entre otros aspectos, grandes posibilidades de desarrollo de la intermodalidad en los puertos peninsulares y mucho más reducidas (por la ausencia de ferrocarril) en los puertos insulares.

- Medir el efecto sobre la eficiencia técnica de los cambios regulatorios acaecidos en la década de los años 90. Para ello es necesario desarrollar y estimar un modelo que permita que la eficiencia varíe en el tiempo; al mismo tiempo es preciso ampliar la muestra, de forma que el periodo temporal comience en el año 1990. En un momento en que comienza a debatirse la conveniencia de acometer otro proceso de reforma portuaria, es importante conocer los efectos que han tenido las reformas previas para mitigar sus posibles efectos negativos y potenciar los positivos.

Referencias

Baird, A. (1995). "Privatization of trust ports in the United Kingdom: Review and analysis of the first sales". *Transport Policy*, 2, 135-143.

Baños-Pino, J., Coto-Millán, P. y Rodríguez-Alvarez, A. (1999), "Allocative Efficiency and Over-capitalization: An Application". *International Journal of Transport Economics*, Vol. 26, N° 2.

Coto-Millán, P., Baños-Pino, J., y Rodríguez-Alvarez, A. (2000), "Economic Efficiency in Spanish Ports: Some Empirical Evidence". *Maritime Policy and Management*, Vol. 27, N° 2, 169-174.

Estache, A. González, M. y Trujillo, L. (2002). "Efficiency gains from port reform and the potencial for yardstick competition: Lessons from México". *World Development*, vol. 30, nº 4, 545-560.

Goss, L. (1990). "Economic policies and seaports: I. The economics functions of seaports". *Maritime Policy and Management*, vol. 17, 207-219.

Heaver, T.D. (1995). "The implications of increased competition among ports for port policy and management". *Maritime Policy and Management*, Vol. 22 (2), 125-133.

Juhel, M. (1997). "Government regulation of port activities: what balance between public and private sector?" *II Course on privatization and regulation of transport services*, mimeo. Banco Mundial. Washington.

Martínez-Budría, E. (1993). Un análisis económico de los puertos. El sistema portuario español. *Tesis Doctoral*. Universidad de La Laguna, Tenerife.

Martínez-Budría, E., Díaz-Armas, R., Navarro-Ibáñez, M. y Ravelo-Mesa, T. (1999). "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis". *International Journal of Transport Economics*. Vol.XXVI.N12.

Nombela, G. y Trujillo, L. (1999). "El sector portuario español: organización actual y perspectivas". *Papeles de Economía Española*, N° 82, 71-85.

Notteboom, C. Coeck, y van den Broeck, J. (2000). "Measuring and explaining relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models". *International Journal of Maritime Economics*, Vol. 2, N°2, 83-106.

Parlamento Europeo (1993). "Política de puertos marítimos de la comunidad". Documento de trabajo. Dirección General de Estudios.

Shephard, R.W. (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton.

Shephard, R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton.

Suykens, F. y Van de Voorde, E. (1998). "A quarter of a century of port management in Europe: objectives and tools". *Maritime Policy and Management*, Vol. 25, N° 3, 251-261.

Tongzon, J.L. (1995-a). "Systematizing International Benchmarking for Ports". *Maritime Policy and Management*, Vol. 22, N1 2, 171-177.

Tongzon, J.L. (1995-b). "Determinants of Port Performance and Efficiency". *Transportation Research*, Part A, Vol. 29^a, N° 3, 245-252.

Tongzon, J.L. (2001), "Efficiency Measurement of selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis". *Transportation Research*, part A, 35, 113-128.