

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO



TESIS DOCTORAL

**EFICIENCIA EN LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE
INFRAESTRUCTURA PORTUARIA: UNA APLICACIÓN AL TRÁFICO
DE CONTENEDORES EN ESPAÑA**

MARIA MANUELA GONZÁLEZ SERRANO

Las Palmas de Gran Canaria, 2004

**EFICIENCIA EN LA PROVISIÓN DE SERVICIOS
DE INFRAESTRUCTURA PORTUARIA:
UNA APLICACIÓN AL TRÁFICO DE CONTENEDORES EN ESPAÑA**

TESIS DOCTORAL

SEPTIEMBRE 2004

María Manuela González Serrano

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO

A Marta y a Carlos

Agradecimientos

A lo largo de la realización de este trabajo he contado con la colaboración de muchas personas. Deseo, con estas palabras, agradecerles sus aportaciones, que de una manera u otra, han contribuido a la culminación de esta tesis.

A Ginés De Rus y a Lourdes Trujillo les agradezco la confianza y el apoyo que me brindaron desde el momento en que nos conocimos, sin los cuales no hubiera podido tomar las decisiones profesionales que me han llevado a la Universidad y que han desembocado en la realización de la tesis doctoral que presento en este documento.

La oportunidad de introducirme en el campo del estudio de la eficiencia se la debo a Antonio Estache. Mi enorme gratitud hacia él se debe, no sólo a la confianza que ha depositado en mí, sino a la gran cantidad de material bibliográfico que me ha proporcionado y la posibilidad de viajar a Washington, donde continué completando la recopilación de bibliografía y donde fui recibida con gran amabilidad.

Al seminario permanente de eficiencia de la Universidad de Oviedo le agradezco haberme invitado en dos ocasiones a participar con ellos en el seminario, donde las aportaciones y sugerencias que he recibido han sido muy valiosas, pues han permitido mejorar el trabajo, y donde el trato ha sido inmejorable. Especialmente deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Antonio Álvarez, de quién obtuve los primeros conocimientos de eficiencia, manifestándome siempre su apoyo y colaboración; a Ana Rodríguez, a quien le debo mis primeras estimaciones econométricas; y a Luis Orea, por sus valiosas sugerencias.

Sergio Perelman, además de aceptar una invitación para impartir un curso en el Departamento, me brindó la oportunidad de realizar una estancia en la Universidad de Liège, beneficiándome de sus conocimientos en ambos casos, y ofreciéndome una grata acogida durante mi visita. Desde entonces, su colaboración ha sido muy estrecha, todo lo cual le agradezco enormemente.

En el ámbito de las autoridades portuarias son muchas las personas que me han proporcionado información, tanto cualitativa como cuantitativa. Ello me ha permitido comprender mejor el mundo portuario y confeccionar la base de datos que he utilizado en la aplicación empírica que presento en este trabajo. En la Autoridad Portuaria de Las Palmas, debo agradecer la colaboración

incondicional de Juan Francisco Martín, Hildebrando Acosta, José Medina y Rosa Amelia Cruz.

En el tratamiento de los datos he contado con la colaboración de Alma Trujillo, y de Isabel Santana, tarea que también contó con la “ayuda” de mi hija Marta. A ellas tres, mi más sincero agradecimiento.

A mis compañeros del Departamento de Análisis Económico Aplicado, tanto docentes como personal de administración y servicios, por su ayuda, su apoyo y sus continuas muestras de apoyo y de afecto.

En el ámbito familiar deseo agradecer de corazón a mis padres, Andrés y Araceli, y a mi tía Esther, su apoyo incondicional y los medios que me han proporcionado a lo largo de mis sucesivas fases dedicadas al estudio, sin ellos jamás hubiera llegado a hacer realidad este proyecto. A mi marido, Pedro, le agradezco profundamente su apoyo, su ayuda, su comprensión y su infinita paciencia. Mis amigos también ocupan un lugar importante en estos agradecimientos, especialmente aquéllos que han contribuido a que mis hijos no notaran tanto mis ausencias.

Mi agradecimiento también se dirige a la Dirección General de Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias y a la Fundación Universitaria de Las Palmas por haber financiado partes de este trabajo.

Mis últimas palabras de profundo agradecimiento quiero dedicárselas a mi directora de tesis, Lourdes Trujillo, por haber creído en este proyecto, por los medios que me ha proporcionado, por haberme transmitido su confianza en los momentos de desánimo, por los conocimientos y aportaciones que me ha transmitido tras largas sesiones de intercambios de opinión y por el cariño y el apoyo que siempre me ha demostrado.

ÍNDICE

PARTE I. INTRODUCCIÓN

Capítulo 1. Introducción	3
---------------------------------	----------

PARTE II. LA INDUSTRIA PORTUARIA

Capítulo 2. Características económicas de los puertos	9
2.1. Introducción	9
2.2. Características generales	10
2.2.1. Definición	11
2.2.2. Sector regulado	12
2.2.3. Demanda de servicios portuarios	13
2.2.4. Cambio tecnológico: contenerización	14
2.3. Actividades portuarias	17
2.4. Organización y gestión portuaria	20
2.5. Resumen y conclusiones	22
Capítulo 3. El sistema portuario español de titularidad estatal: Características y regulación	25
3.1. Introducción	25
3.2. Características generales	26
3.3. Régimen legal	27
3.3.1. Organización y gestión portuaria	31
3.3.2. Servicios portuarios	32
3.3.3. Régimen económico-financiero	37
3.4. Resumen y conclusiones	39
Capítulo 4. El sistema portuario español de titularidad estatal: Descripción cuantitativa	43
4.1. Introducción	43
4.2. Resultados económicos	44
4.3. Inversiones	46
4.4. Tráfico portuario	47
4.5. Resumen y conclusiones	58

PARTE III: EFICIENCIA PORTUARIA

Capítulo 5. Funciones frontera y medida de la eficiencia	63
5.1. Introducción	63
5.2. Eficiencia y productividad	66
5.3. Medida de la eficiencia: antecedentes	69
5.4. Funciones frontera	74
5.5. Estimación de la frontera: enfoque paramétrico versus no paramétrico	77
5.6. Fronteras estocásticas	79
5.7. Modelización de actividades multiproductivas: la función de distancia	84
5.7.1. Definición de función de distancia	87
5.7.2. Función de distancia con orientación al output	88
5.8. Resumen y conclusiones	91
Capítulo 6. Eficiencia en el sector portuario:	
Evidencia empírica	93
6.1. Introducción y antecedentes	93
6.2. Objetivos de los trabajos	97
6.3. Sector analizado	100
6.4. Metodología	101
6.5. Productos	102
6.6. Factores productivos y sus precios	107
6.7. Otras variables	109
6.8. Resultados	110
6.9. Resumen y conclusiones	113
Capítulo 7. Eficiencia en la provisión de infraestructura portuaria:	
La función de distancia aplicada al tráfico de contenedores	117
7.1. Introducción	117
7.2. Modelo econométrico	118
7.2.1. Forma funcional	120
7.2.2. Homogeneidad de grado 1 en outputs	121
7.2.3. Estructura del término de error	123
7.3. Datos	124
7.3.1. Productos	128
7.3.2. Factores	130
7.3.3. Efectos temporales	131
7.3.4. Otras variables	131
7.4. Resultados empíricos	133
7.4.1. Parámetros de primer orden	134
7.4.2. Propiedades de la función de distancia	136

7.4.3. Rendimientos de escala	136
7.4.4. Efectos temporales y cambio técnico	137
7.4.5. Otras variables	139
7.4.6. Eficiencia técnica	140
7.5. Resumen y conclusiones	143

PARTE IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Capítulo 8. Resumen y conclusiones	147
Referencias bibliográficas	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Servicios portuarios (Ley 27/1992)	33
Tabla 3.2. Servicios prestados en los puertos (Ley 48/2003)	35
Tabla 4.1. Resumen de la actividad portuaria. Sistema portuario estatal. 1990-2002	48
Tabla 4.2. Tráfico de contenedores en los principales puertos nacionales, 1990-2002	53
Tabla 5.1. Tipología de función frontera y de eficiencia	76
Tabla 5.2. Características del <i>DEA</i> y de las fronteras estocásticas	78
Tabla 6.1. Medidas de eficiencia en el sector portuario: enfoque paramétrico	105
Tabla 6.2. Medidas de eficiencia en el sector portuario: enfoque no paramétrico	106
Tabla 7.1. Los puertos de la muestra por fachadas marítimas	127
Tabla 7.2. Participación de los puertos de la muestra en el total nacional. Tipos de tráfico, 2002	127
Tabla 7.3. Productos. Medias para cada puerto, 1990-2002	132
Tabla 7.4. Factores. Medias para cada puerto, 1990-2002	133
Tabla 7.5. Test del ratio de verosimilitud	134
Tabla 7.6. Parámetros estimados (función de distancia, orientación output)	135
Tabla 7.7. Propiedades de la función de distancia	136
Tabla 7.8. Economías de escala	137
Tabla 7.9. Cambio técnico	138
Tabla 7.10. Evolución de la eficiencia técnica por autoridad portuaria	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Evolución de los resultados de explotación. Sistema portuario estatal, 1990-2002	44
Gráfico 4.2. Distribución de los ingresos por servicios portuarios. Sistema portuario estatal, 2002	46
Gráfico 4.3. Inversiones portuarias por objetivos. Sistema portuario estatal, 2000-2002	47
Gráfico 4.4. Tráfico portuario total. Principales autoridades portuarias, 2001-2002	48
Gráfico 4.5. Distribución del tráfico portuario total, por tipos. Sistema portuario estatal, 2002	49
Gráfico 4.6. Granel líquido. Principales autoridades portuarias, 2001-2002	50
Gráfico 4.7. Granel sólido. Principales autoridades portuarias, 2001-2002	51
Gráfico 4.8. Mercancía general. Principales autoridades portuarias, 2001-2002	52
Gráfico 4.9. Pesca fresca. Principales autoridades portuarias, 2001-2002	54
Gráfico 4.10. Avituallamiento. Principales autoridades portuarias, 2002	55
Gráfico 4.11. Pasajeros. Principales autoridades portuarias, 1990-2002	56
Gráfico 4.12. Tráfico de buques (número y miles de <i>GT</i>). Sistema portuario estatal, 1995-2002	57
Gráfico 5.1. Cambio en la productividad: cambio en la eficiencia y cambio técnico	69
Gráfico 5.2. Eficiencia técnica y asignativa (Farrell, 1957)	72
Gráfico 5.3. Función de distancia orientada al output	90
Gráfico 7.1. Evolución de la eficiencia técnica, por periodos y puertos	140
Gráfico 7.2. Eficiencia técnica de cada puerto (media 1990-2002)	142

PARTE I
INTRODUCCIÓN

Capítulo 1

Introducción

Durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, los puertos se configuraban como instrumentos estatales o coloniales que representaban el control de acceso a los mercados. En esa época, los costes relacionados con los puertos eran reducidos en comparación con los elevados costes del transporte marítimo oceánico, incluso del transporte terrestre. En este marco pocos incentivos existían para mejorar la eficiencia portuaria.

En los últimos tiempos se asiste a grandes cambios en los sectores marítimo y portuario. De un lado, los avances tecnológicos experimentados por la industria marítima han permitido reducir los fletes y han supuesto grandes ganancias de productividad en el transporte marítimo oceánico que los operadores no desean perder al llegar a puerto. Por otro lado, los procesos de globalización y liberalización de las economías han revitalizado el comercio internacional de los países, lo que confiere a los puertos el importante papel de ser una de las fuerzas que mueven la economía. En este marco, la función de los puertos como lugares de intercambio modal adquiere gran relevancia, siendo indispensable un funcionamiento eficiente de los mismos para garantizar que la cadena de transporte actúa de forma integrada, sin fricciones ni interrupciones. Todos estos procesos han reanimado el interés por mejorar la eficiencia portuaria, por reducir los costes de la manipulación de mercancías y por integrar los servicios portuarios con otros componentes de la cadena global de transportes.

Así pues, una de las preocupaciones actuales de los gestores y reguladores de los puertos es lograr que funcionen de manera eficiente y que parte de estas ganancias de eficiencia se trasladen a los consumidores. Fruto de este interés recientemente surge una serie de estudios que analizan la eficiencia de estas organizaciones. Todo el entramado de actividades portuarias requiere, para su buen funcionamiento, la existencia de un organismo que las coordine, tarea que habitualmente es llevada a cabo por una entidad denominada autoridad portuaria. A pesar de la importancia de estos órganos no abundan los trabajos dedicados a su estudio.

Las actividades que tienen lugar en los recintos portuarios son de diversa naturaleza y se desarrollan en diferentes condiciones de regulación y

competencia. Por tanto, no es conveniente considerar la industria portuaria como un todo, al menos cuando se trata de estimar funciones de producción o costes. En estos casos, es preferible delimitar el análisis a una actividad concreta. En ocasiones, los estudios de eficiencia portuaria no aclaran cuál es la actividad que se analiza. Así, existen trabajos que afirman examinar la actividad de las autoridades portuarias y, sin embargo, utilizan los trabajadores que prestan sus servicios en las empresas de carga y descarga para definir el empleo, o el número de remolcadores que emplean las empresas prestatarias del servicio como medida del capital.

En este sentido, el trabajo que se presenta es claro al determinar que el ámbito de la investigación es la prestación de servicios de provisión de infraestructura por parte de las autoridades portuarias. Por tanto, no se están considerando otros servicios o actividades, marítimos o portuarios, que también se desarrollan en los puertos y que, en muchos casos, utilizan dicha infraestructura.

El análisis se aplica al tráfico de contenedores por varias razones. La primera es que promueven la integración entre modos de transporte. Los contenedores no son un tipo de mercancía, sino una forma de embalar la misma; se trata de cajas, cuyo tamaño estándar facilita su carga y descarga, así como su trasbordo a otros modos de transporte. La segunda, y debido a la característica anterior, es que los contenedores están en plena expansión. Si en el periodo 1990-2002 la tasa anual acumulada de crecimiento de la mercancía general no contenerizada fue del 3,5%, la mercancía en contenedor creció al 11,2% anual. La tercera, es que su manejo requiere infraestructuras específicas (fundamentalmente, muelles y superficie) a las que se destinan gran cantidad de fondos públicos: en el año 2002 el 64% de la inversión total en los puertos españoles se dirigió a financiar obras de infraestructura; de la inversión en infraestructura casi un 60% fue a parar a los puertos analizados. Finalmente, una opinión muy extendida entre los investigadores es que el desarrollo de los contenedores trae consigo mejoras importantes en la eficiencia de los puertos. Para Kim y Sachish (1986) el 85% del aumento en la productividad total de los factores del Puerto de Ashod (Israel, 1966-1983) se debe a la contenerización.

Aún cuando se ha centrado el ámbito del estudio en una actividad portuaria determinada, la diversidad se mantiene. En un puerto no solamente se presta servicio a los buques, sino también a los pasajeros y a las mercancías. Incluso estas últimas no pueden considerarse como un bien homogéneo, ya que cada una requiere elementos de carga/descarga muy específicos: los contenedores utilizan grúas especializadas; los graneles líquidos emplean sistemas de tuberías, etc. Por ello, es conveniente definir el producto portuario en sus múltiples dimensiones.

Pese a ello, todas las investigaciones que realizan aplicaciones paramétricas utilizan una medida simple del producto.

El presente trabajo realiza las siguientes aportaciones a la literatura sobre eficiencia portuaria. En primer lugar, frente a la mayoría de las investigaciones que consideran que los puertos solamente prestan servicios a la carga, en este trabajo se incluye, como un producto más, el número de pasajeros. En segundo lugar, se aplica por primera vez, una función de distancia multiproducto al sector portuario, que no sólo permite reflejar el número de pasajeros, sino diferenciar entre diversas modalidades de mercancía (granel líquido, mercancía en contenedor y resto de carga). En tercer lugar, es el primer trabajo que investiga los posibles efectos de la regulación portuaria sobre la eficiencia de las autoridades portuarias que manejan tráfico de contenedores, utilizando una metodología paramétrica. En cuarto lugar, se tienen en cuenta factores que determinan que las condiciones en que se desarrolla la actividad que llevan a cabo las autoridades portuarias no sean iguales para todas ellas. Finalmente, a través de una estructuración de la muestra por periodos, se amplía el modelo de Battese y Coelli (1998), invariante en el tiempo, para permitir cambios de la eficiencia en distintos periodos del tiempo, sin imponer las restricciones que implica la metodología propuesta por Battese y Coelli (1992).

Varios objetivos se plantean en esta investigación. El primero es cuantificar la eficiencia técnica del servicio de prestación de infraestructura portuaria de los principales puertos españoles en relación al tráfico de contenedores, que son los principales puertos comerciales del país, en el periodo 1990-2002.

El segundo objetivo es analizar el impacto de las reformas portuarias habidas en la década de los 90. La primera y más importante tiene lugar a finales del año 1992, se caracteriza por el desarrollo de nuevos procedimientos de gestión y tiene como finalidad descentralizar del sistema, reforzando la autonomía de las autoridades portuarias. Posteriormente, en 1997 se insiste en potenciar la autonomía de las autoridades portuarias, se regula la participación de las comunidades autónomas en la estructura y organización de los puertos y se potencia la presencia del sector privado en las operaciones portuarias. En la actualidad se ha procedido a ejecutar un nuevo cambio en la regulación portuaria. Aunque se exponen las líneas principales de esta nueva reforma, sus resultados no se analizan en este trabajo.

El último objetivo es determinar si el carácter insular o continental de los puertos, así como la existencia de refinerías en sus inmediaciones, condicionan el hecho de que unos puertos operen en circunstancias más favorables que otros.

Este trabajo se estructura en cuatro partes, que se organizan de la siguiente forma. La parte II, bajo la denominación “la industria portuaria”, recoge los capítulos 2, 3 y 4. En el capítulo 2 se presentan las principales características económicas de los puertos, así como las innovaciones habidas en los últimos años, tanto en el sector del transporte marítimo como en el portuario. También se describen las diferentes actividades que se desarrollan en los puertos y las formas de organización y gestión del entramado portuario. El sistema portuario español de titularidad estatal se expone en los dos capítulos siguientes. Sus características principales, y la evolución que ha experimentado el régimen legal que define sus reglas de actuación, se desarrollan en el capítulo 3. En el capítulo 4 se ofrece un análisis cuantitativo de los resultados de los puertos estatales, tanto desde el punto de vista económico-financiero, como en relación a la actividad portuaria, medida a través del tráfico portuario.

La parte III, denominada “eficiencia portuaria”, abarca los capítulos 5, 6 y 7. En el capítulo 5 se revisan aspectos teóricos relacionados con la medición de la eficiencia, haciendo especial mención a la definición de la función de distancia orientada al output. Una revisión de los trabajos que han aplicado las técnicas de evaluación de la eficiencia al ámbito portuario se ofrece en el capítulo 6. El capítulo 7 se dedica a evaluar, a través de la aplicación de la función de distancia, la eficiencia técnica de las principales autoridades portuarias españolas que manejan tráfico de contenedores. En la parte IV, que solamente contiene el capítulo 8, se sintetizan, a modo de resumen, los resultados y conclusiones más relevantes que se desprenden de la presente investigación.

PARTE II
LA INDUSTRIA PORTUARIA

Capítulo 2

Características económicas de los puertos

2.1. Introducción

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 términos de cantidad de mercancía, más del 80% del comercio internacional se realiza por vía marítima. Esta cifra es del 90% para el comercio de la Unión Europea con terceros países y del 40% para los intercambios comerciales intraeuropeos.

Fenómenos como la globalización, que conlleva una descentralización del proceso productivo, la liberalización de la economía, y la creación y ampliación de grandes áreas comerciales, han desembocado en una expansión continuada de los intercambios comerciales internacionales y, por tanto, del tráfico marítimo y de la actividad en los puertos.

En las últimas décadas las industrias marítima y portuaria asisten a grandes procesos de cambio. En el ámbito del transporte de contenedores, los procesos de fusiones de empresas navieras suponen una concentración de la demanda, con crecientes exigencias en materia de reducción de tarifas, tiempos de operación, calidad, etc. Ello, unido al desarrollo de una economía globalizada, hace que la competitividad de las regiones y países dependa cada vez más de un sistema de transporte y de unos puertos eficaces.

Durante el año 2002 la producción mundial creció al 1,9%, mientras que el comercio internacional, medido en mercancías descargadas, aumentó un 2,5% y el transporte marítimo se incrementó en un 0,8% (UNCTAD, 2003). Es muy probable que la demanda de transportes siga incrementándose en el futuro como consecuencia del crecimiento económico en general y del aumento de los intercambios comerciales. Esta tendencia será bastante acusada en la Unión Europea, como consecuencia de su reciente ampliación.

En 2001 el tráfico portuario de contenedores a escala mundial alcanzó la cifra de

237 millones de TEU's,¹ representando esta cifra un crecimiento del 2,2% respecto al año anterior, bastante más modesta que el 18,7% registrado en el año 2000. El tráfico de contenedores se produce en tres rutas principales: trans-Pacífico, Europa-Lejano Oriente y trans-Atlántico, y en dos secundarias: nortesur y rutas entre regiones. El tráfico es más dinámico en los siguientes movimientos: de Asia a Norteamérica, de Asia a Europa, de Europa a Norteamérica, de Europa a África, del Caribe y Sudamérica a Europa y Norteamérica (por las devaluaciones de las monedas en los países de origen) y en el comercio intra-asiático.

En este capítulo se presentan, en primer lugar, las principales características de los puertos (sección 2.2), haciendo mención a su condición de sector regulado, a las características de la demanda y al proceso de contenerización, fuente de una auténtica revolución tecnológica en los sectores marítimo y portuario. Las diferentes actividades que tienen lugar en los recintos portuarios se detallan en la sección 2.3. El apartado 2.4 se dedica a exponer los diferentes modelos de gestión portuaria. En la última sección se ofrece un resumen y las principales conclusiones.

2.2. Características generales

Los puertos son una de las fuerzas principales que mueven la economía y, por ello, muchos países los han utilizado como instrumentos para estimular el desarrollo nacional. En este sentido, algunas de las acciones de la Unión Europea tendentes a aumentar las inversiones en puertos e infraestructuras portuarias tratan de promover la cohesión económica de las regiones. Además, los puertos constituyen un enlace para los territorios insulares y las regiones periféricas que favorece un desarrollo regional equilibrado del continente europeo (Chlomoudis y Pallis, 2002).

El nivel de eficiencia de los puertos afecta en gran medida a la competitividad de los países. Ello es debido a que los puertos constituyen un enlace relevante en la cadena de transporte, por lo que si actúan de forma eficiente se consiguen menores precios de exportación, lo que a su vez favorece la competitividad de

¹ El TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) es una medida que homogeneiza los dos tamaños principales de los contenedores: 20 y 40 pies.

los productos 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.

2.2.1. 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 la infraestructura (muelles, áreas de almacenamiento, astilleros, etc.), la superestructura, que incluye unidades fijas construidas sobre la infraestructura (edificios, talleres, etc.) y los equipos móviles (grúas, carretillas, 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).

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.

Los cambios acontecidos en el transporte marítimo (globalización de la economía, alianzas entre empresas navieras, etc.) exigen nuevos servicios y prestaciones. Ante este hecho, se asiste a una ampliación del concepto de los puertos, que han dejado de jugar un papel pasivo, como meros receptores de mercancías, para adoptar una postura activa y dinámica, dirigida hacia la prestación de actividades con una clara orientación comercial, y dar respuesta ágil a las necesidades cambiantes de sus clientes. Es decir, se pasa de una visión tradicional del puerto como un lugar que permite el paso ininterrumpido de un flujo de transporte (concepto puerto a puerto), a una concepción de los puertos como centros de conexión intermodal y plataformas logísticas que se integran como parte fundamental en un sistema general de transporte (concepto puerta a puerta).

La integración de todos los modos de transporte en un sistema común obedece al deseo de lograr la mejora en la eficiencia, competitividad y calidad del transporte. Para lograr estos objetivos es necesario que los puertos se conviertan en auténticos intercambiadores modales, lo que requiere adecuadas conexiones terrestres y ferroviarias en los puertos, entre otros aspectos.

2.2.2. Sector regulado

El sector del transporte es un claro ejemplo de una actividad sometida a regulación estatal, que ha disfrutado tradicionalmente de subsidios públicos. Esta realidad se extiende a todos los modos de transporte, incluidos los puertos.

Muchas han sido las razones utilizadas para justificar la intervención gubernamental en los puertos: la característica de monopolio natural que ofrecen algunos segmentos de actividad portuaria, la naturaleza de bien público que presentan las infraestructuras portuarias, cuestiones relativas al desarrollo económico, creencia de que se trata de un sector de interés estratégico que es preciso proteger, etc. En muchas ocasiones se trata de no comprometer la seguridad en los puertos y de prevenir situaciones de abuso de poder.

La mayoría de las infraestructuras portuarias tienen unas dimensiones mínimas con independencia del volumen de tráfico, es decir, pueden 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 para recuperar los elevados costes de construcción de la infraestructura, se necesitan largos periodos temporales, que las empresas privadas no siempre están dispuestas a asumir. Por ello, el resultado podría ser una provisión de infraestructuras inferior a la óptima. Sin embargo, en la actualidad es frecuente encontrar inversión privada en las infraestructuras (sobre todo en las terminales de contenedores), debido a que su elevado coste, unido a dificultades presupuestarias del sector público, ha llevado a los puertos a incentivar la participación privada, no solo en la provisión de servicios portuarios, sino también en la financiación de infraestructuras.

Por su influencia en la competitividad de los puertos y en la competencia entre ellos, uno de los aspectos que más preocupa en relación a la intervención pública, es la concesión de ayudas y subsidios. Sobre esta cuestión Suykens (1986) opina que los servicios portuarios, como por ejemplo la manipulación de mercancía, son actividades puramente comerciales y, por tanto, no deben recibir ayudas. Sin embargo, la naturaleza de bien público propia de las infraestructuras portuarias (sobre todo faros, boyas y otro tipo de ayudas a la navegación) proporciona un argumento para justificar tanto la provisión pública de los mismos como la concesión de subsidios. En cualquier caso debe establecerse una distinción entre infraestructura general e infraestructura comercial, como la utilizada por las terminales (Suykens y Van de Voorde, 1998). Heaver (1995) estima que es necesario avanzar en la armonización de las políticas nacionales porque los efectos de los diferenciales de subsidios son más importantes en la actualidad que en el pasado. Su argumento se basa en que el mayor entorno competitivo en que operan las terminales portuarias hace que las navieras tengan más facilidad para elegir entre varios puertos.

Tradicionalmente los puertos han estado sujetos a una fuerte intervención pública. La tendencia en las últimas décadas, en los países tanto desarrollados como en vías de desarrollo, apunta hacia la liberalización y privatización de los servicios portuarios. El carácter de monopolio natural que presentan algunos de estos servicios puede conducir a que las actividades se presten en régimen de monopolio privado. De ahí la necesidad de volver a regular algunos de estos servicios, con la finalidad de introducir condiciones competitivas en el mercado. Sin embargo, siempre que exista competencia en las actividades portuarias no es preciso regular, la competencia es el mejor regulador.

2.2.3. 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 demanda mayor de servicios de transporte marítimo, aumentando así el volumen de negocio en los puertos.

En el ámbito portuario, para determinar el coste del servicio, adquiere relevancia el concepto de coste generalizado. 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 tráficos que no generan 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 bastante inelástica, pues el transporte aéreo no es una alternativa factible, salvo en circunstancias determinadas como por ejemplo es el caso de bienes perecederos.

2.2.4. Cambio tecnológico: contenerización

En los últimos 50 años la industria marítima ha experimentado grandes cambios tecnológicos que han inducido transformaciones en el sector portuario. La principal innovación fue la creación de contenedores en los años 50. Se trata de embalajes que, a modo de cajas, permiten homogeneizar el transporte de la mercancía general, de naturaleza fraccionada.

La rapidez con que se ha extendido el uso de los contenedores (entre 1980 y 1997 el número de contenedores transportados en todo el mundo se ha multiplicado por cuatro) radica en que su tamaño estándar facilita la manipulación de la mercancía desde los barcos a tierra o a otros modos de transporte. De este modo, se reduce el tiempo de permanencia en puerto de los buques durante las operaciones de carga/descarga y se favorece la integración de los puertos en la cadena de transportes.

La expansión del contenedor propició la construcción de buques cada vez mayores que, con gastos de funcionamiento similares, permiten incrementar la capacidad de carga.² Para poder dar servicio a estos grandes buques los puertos han experimentado modificaciones significativas. En relación a las condiciones

² Los buques postpanamax pueden transportar un 40% más que sus predecesores, los buques panamax.

físicas, ha sido necesario aumentar el calado y la longitud de los muelles, así como incrementar la superficie terrestre destinada al apilamiento y maniobra de los contenedores. Desde un punto de vista tecnológico estos hechos han requerido la aplicación de nuevas tecnologías de información y comunicaciones, al tiempo que han generado el desarrollo de instalaciones y equipos especializados en la manipulación de contenedores. Esta actividad ha pasado de ser intensiva en mano de obra a estar altamente mecanizada.

Como consecuencia del desarrollo del contenedor se produce un proceso de alianzas y fusiones de las grandes líneas y empresas navieras³ que obedece a tres objetivos fundamentales: reducir los costes unitarios por efecto de las economías de escala y del aumento de la productividad, ejercer poder sobre el mercado para mejorar los ingresos y reducir el riesgo. Estas alianzas, que suponen una expansión internacional de las navieras y terminales, conllevan una concentración de la demanda de servicios portuarios, lo que unido al mayor tamaño de los buques supone nuevas oportunidades para los puertos que sean capaces de satisfacer las nuevas exigencias, los cuales se convertirán en centros de concentración de carga.

El proceso de integración horizontal descrito ha marcado un esquema de funcionamiento tendente a la concentración de líneas y puertos en virtud de las economías de escala que proporcionan los grandes buques, favoreciéndose una reducción del número de escalas y un movimiento de concentración de la carga en pocos puertos.

Los diez puertos mayores de contenedores (de los cuales los seis primeros son asiáticos, tres se encuentran en el norte de Europa y uno es norteamericano), representan el 41% de los contenedores movidos en los 100 puertos principales. De este modo, a través de las tres rutas principales que unen Asia, Europa y América, la carga se concentra en puertos *hub*, que actúan como grandes centros de trasbordo y distribución internacional de la mercancía, desde donde posteriormente es reenviada a través de buques *feeder* a su lugar de destino en movimientos de corto recorrido.

Esta forma de actuar ha generado una fuerte rivalidad entre los puertos que aspiran a convertirse en puertos *hub* en un territorio determinado. En el ámbito europeo, frente a la hegemonía tradicional de los puertos del norte de Europa, se

³ Frente a 12 grupos de alianzas que había en 1990, en la actualidad este número se ha reducido a la mitad.

asiste en los últimos años a un aumento de la cuota de mercado de los puertos atlánticos y mediterráneos.

En España cabe destacar el puerto del Algeciras que, junto a Gioia Tauro en Italia, se configuran como los grandes *hub* del Mediterráneo, y los puertos de Barcelona y Valencia, que junto con Génova y El Pireo, experimentan un fuerte crecimiento. Para el futuro se espera que la concentración de las escalas trasatlánticas genere la aparición de mega-puertos. Los expertos calculan que el transporte marítimo de contenedores se aglutinará en torno al eje horizontal alrededor del mundo, por el que circulará un número escaso de grandes portacontenedores que descargarán la mercancía en torno a siete puertos de trasbordo, desde donde se expedirán los contenedores a su destino final.

Así pues, las terminales portuarias se encuentran ante unos clientes que cada vez tienen más poder de mercado (por las alianzas) y cuyas exigencias, en términos de reducción de costes y rapidez en las operaciones, va en aumento. Este hecho les lleva a realizar fuertes inversiones para construir terminales especializadas que actúen como centros *hub* capaces de proporcionar un servicio adecuado a las necesidades crecientes. La cuantía de las inversiones es de tal magnitud que en muchas ocasiones ha propiciado que las propias empresas navieras participen en este negocio, generándose un proceso de integración vertical.

Los acontecimientos señalados han determinado que el protagonismo del que disfrutaban los puertos en sí mismo en el pasado lo ostenten en la actualidad las terminales (Heaver, 1995). Ante estas circunstancias cabe preguntarse por el papel que deben jugar las autoridades portuarias en la actualidad. En ocasiones las autoridades portuarias han participado en el capital de las terminales (Notteboom, 2002). Es el caso de la autoridad portuaria de Rotterdam, que participa con un 33% en el capital de la compañía *ETC*. La recomendación comunitaria es que las autoridades portuarias sólo deben participar en la provisión de servicios cuando la iniciativa privada no los cubra; en caso de participar en otras actividades comerciales, las autoridades portuarias deben llevar una contabilidad separada.

Notteboom y Winkelmanns (2001) consideran que la principal misión de las autoridades portuarias en la actualidad ha de ser actuar como dinamizadores del negocio portuario. En este sentido, deben participar en la promoción de las siguientes áreas o servicios: zonas logísticas de valor añadido, desarrollo de sistemas de información (*EDI, electronic data interchange*), implementación de un sistema de transporte multimodal eficiente, cooperación con otros puertos para crear redes portuarias, tanto nacionales como internacionales. Este último

aspecto quizás constituye el papel fundamental de las autoridades portuarias en el futuro y se refiere a los campos siguientes: gestión del tráfico, conexión de las áreas de influencia, protección ambiental, investigación y desarrollo, y marketing.

2.3. Actividades portuarias

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.).

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. Esta realidad conduce a considerar que la mayor parte de las actividades portuarias son organizaciones multiproductivas.

Las actividades y servicios portuarios difieren entre sí en aspectos tales como la naturaleza de las operaciones que realizan, los objetivos que persiguen, el grado de competencia en que se desarrollan o el nivel de regulación al que están sometidas. Estas actividades, que pueden ser proporcionadas por el sector público o por el privado, de acuerdo con el modelo de organización que siga cada puerto, pueden ser agrupadas en las seis categorías siguientes.

Servicio de provisión de infraestructura. Existen dos tipos de infraestructura, la de acceso, marítimo y terrestre, y la infraestructura portuaria propiamente dicha, que incluye entre otros, muelles, diques y superficie de almacenamiento. Estas infraestructuras tradicionalmente han sido construida y mantenida por el sector público. Las infraestructuras de acceso marítimo como rompeolas, canales, ayudas a la navegación, etc., suelen ser responsabilidad de la autoridad portuaria, mientras que las de acceso terrestre pueden ser competencia de los gobiernos locales o centrales.

Dentro de la infraestructura gestionada por la autoridad portuaria una parte es explotada directamente por ésta y el resto por empresas prestatarias de servicios que utilizan, para el desarrollo de su actividad, instalaciones o suelo portuario.

Por tanto, la autoridad portuaria presta su servicio de infraestructura a dos tipos de clientes: los buques (muelles, diques, etc.) y los prestatarios de servicios (almacenes, terminales, tinglados, etc.).

Servicios para el atraque. Se incluyen en esta categoría las actividades de practicaje, remolque y amarre, que pueden ser prestadas directamente por las autoridades portuarias o bien por empresas privadas. El practicaje consiste en conducir un buque desde la entrada de un puerto a un fondeadero o amarradero en su interior y la operación inversa. El servicio de remolque consiste en las operaciones náuticas de ayuda al movimiento de un buque mediante el enganche a otro que le proporciona la fuerza motriz. Por último, el servicio de amarre es la operación de situar las amarras en las instalaciones de amarre de los muelles, cambiarlas de un punto de amarre a otro o largarlas de los mismos.

Servicios de manipulación de mercancía. Bajo esta denominación se incluye el conjunto de actividades relacionadas con el manejo de la carga y comprende todas las operaciones desde que la mercancía es depositada en el puerto hasta su colocación en el barco y viceversa, lo que conlleva las operaciones de estiba y desestiba (desde el costado del barco hasta el interior del mismo y viceversa), carga y descarga (movimiento entre el muelle y el costado del barco y viceversa), trasbordo, recepción y entrega. El proceso de manipulación de la mercancía depende del tipo de mercancía de que se trate, tendiéndose a la especialización cuando se alcanzan determinados volúmenes. La especialización trae consigo el uso de instalaciones específicas como por ejemplo los almacenes frigoríficos, las terminales de graneles y las de contenedores, que utilizan como equipos específicos, entre otros, instalaciones de frío, tolvas y grúas pórticos, respectivamente.

Servicios administrativos. Los servicios de tramitación administrativa incluyen el despacho tanto del buque como de la mercancía. El despacho del buque se efectúa por el agente consignatario, persona física o jurídica que actúa en representación del naviero o propietario del buque, cuyas funciones abarcan desde la gestión del atraque a otros servicios que le son requeridos con instrucciones precisas. El despacho de la mercancía es realizado por el agente de aduanas, profesional liberal que gestiona, tramita y liquida las declaraciones aduaneras de comercio exterior.

Servicios auxiliares. Se agrupan bajo esta denominación todos aquellos servicios que el buque puede utilizar, con independencia de si éste realiza operaciones de carga y descarga. Es decir, suministros, reparaciones navales, atención al

tripulante (transporte, alojamiento, sanidad, etc.) y servicios auxiliares diversos (seguridad, limpieza y suministro de energía eléctrica).

Servicios al pasajero. Estos servicios son proporcionados en las terminales marítimas de pasajeros y comprenden el sistema de facturación y emisión de billetes y la gestión de espacios de restauración y de ocio.

En la prestación de estos servicios participan agentes muy dispares (gobierno, autoridades portuarias, navieros, sindicatos de trabajadores portuarios), que persiguen objetivos diferentes que, en ocasiones, entran en conflicto. En el ámbito de las autoridades portuarias, Suykens (1986) identifica once objetivos que van desde mover la mayor cantidad de mercancía o actuar con el menor coste posible, hasta favorecer el empleo, promover el desarrollo económico regional o proteger el medioambiente.

Los servicios portuarios se desenvuelven en entornos que van desde un elevado grado de competencia, hasta situaciones de monopolio, pasando por estructuras oligopolísticas. Entre las actividades que se desarrollan en régimen de competencia cabe citar el caso de los consignatarios. Un claro ejemplo de monopolio es el servicio de practicaje, pues en la mayoría de los puertos hay una única empresa autorizada para proveer este servicio (corporación de prácticos en España). Los servicios de remolque o de carga/descarga de mercancía son proporcionados con reducido nivel de competencia. Por ello, en general se intenta introducir competencia por el mercado a través de licencias o concesiones.

Además, en ocasiones existen procesos de integración vertical entre empresas dedicadas a diferentes operaciones portuarias e incluso se habla de posible colusión entre agentes (De Rus et al., 1995). En el ámbito portuario, los casos de integración vertical más claros son los de compañías navieras que crean sus propias empresas estibadoras y los de empresas de remolque que también participan en el negocio de la estiba y en el de la consignación. Aún concretando mucho y considerando, por ejemplo, empresas estibadoras de contenedores pueden encontrarse situaciones muy dispares como empresas dedicadas exclusivamente a los barcos de las empresas navieras asociadas y otras que atienden a cualquier buque que solicite sus servicios.

La mayoría de los servicios portuarios están sujetos a regulación. Los motivos que justifican este hecho son diversos. En ocasiones se trata de razones de seguridad, en otros casos es la necesidad de garantizar la provisión de servicios que se consideran esenciales, etc. A pesar de ello, el grado de regulación no es el

mismo para todos, existiendo actividades que tan sólo requieren una autorización administrativa para operar (consignación), mientras que otros servicios están sujetos a un elevado nivel de intervención. Por ejemplo, la necesidad de garantizar la seguridad de las operaciones de entrada y salida de los buques a los puertos ha llevado a establecer un importante grado de regulación de la actividad de practicaaje.

Todas las consideraciones anteriores dificultan el estudio de los puertos como una entidad homogénea, ya que, como se ha expuesto, en ellos operan agentes cuya actividad es completamente diferente, sus objetivos no siempre coinciden, actúan en entornos competitivos muy distintos y además están sujetos a diferentes niveles de regulación. Tal diversidad de actividades aconseja a no estudiar el puerto como un todo, sino a centrar el análisis en una actividad concreta (Nombela y Trujillo, 1999), en un tipo de carga específico y en 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.

2.4. 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 de forma independiente (países anglo-sajones), mientras que otros países siguen un modelo más centralizado (países con tradición latina, como Francia, España o Italia), pudiendo encontrar puertos de responsabilidad local o municipal (Alemania, Países Bajos y Bélgica), lo que confiere gran diversidad al sector.

Así pues, no puede afirmarse que exista un modelo estándar de gestión portuaria. Por el contrario, pueden encontrarse numerosos estilos de administración que pueden clasificarse de varias maneras.

Inicialmente la literatura de economía portuaria distinguió dos modelos de autoridad portuaria (Goss, 1990; Heaver, 1995):

Comprehensive. Bajo este esquema, 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. En este modelo 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 (por ejemplo, Buenos Aires, Rotterdam y España).

Posteriormente, 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 algunos autores, los puertos *tool* constituyen una variante de los *landlord*. Como ejemplos cabe citar los puertos de Amberes (Bélgica) y Seattle (Estados Unidos). En la actualidad se ha abierto una distinción en los puertos *services*, que pueden ser públicos (países en desarrollo como India o Sri Lanka) o privados (Reino Unido y Nueva Zelanda).

En el ámbito de la Unión Europea, se dan cita diferentes modalidades organizativas, existiendo de una variedad de modelos que van desde puertos que funcionan como departamentos de la administración central, regional o local correspondiente o bajo el mando exclusivo de una autoridad portuaria, donde los responsables del puerto ejecutan las decisiones adoptadas en otras instancias; hasta puertos constituidos como empresas privadas, cuyas decisiones de gestión se basan en consideraciones económicas, sin influencia estatal, aunque caben en esta categoría imperativos de carácter público como consideraciones medioambientales o la planificación del territorio. A pesar de la diversidad, existe un predominio de las instituciones públicas en las estructuras organizativas del sector portuario comunitario.

El esquema de gestión que predomina en la actualidad a escala internacional, para los puertos grandes y de tamaño mediano, es el modelo *landlord* (World Bank, 2001; Saundry y Turnbull, 1997).

2.5. Resumen y conclusiones

Los puertos, como lugares de intercambio de mercancías y pasajeros entre dos modos de transporte (marítimo y terrestre), se configuran como un enlace relevante en la cadena de transporte. En este sentido, la UNCTAD afirma que los puertos son intercambiadores entre varios modos de transporte y, por tanto, son centros de transporte combinado.

Tradicionalmente los puertos han estado sometidos a diversos grados de intervención pública que se fundamentaba en diferentes razones: poder de mercado, carácter de sector estratégico para el desarrollo económico regional, cuestiones de seguridad, de protección del medioambiente, etc.

En relación al poder de mercado la conclusión es clara: como sucede en cualquier otro sector de la economía la competencia es la mejor forma de regular. En caso de que ésta no exista, se puede introducir competencia por el mercado a través de concursos públicos para otorgar licencias o concesiones.

A mediados del siglo pasado, la introducción del contenedor supuso el comienzo de grandes cambios en los sectores marítimo y portuario. Se asiste a un aumento en el tamaño de los buques y a procesos de integración horizontal y vertical de los operadores. El nuevo esquema de funcionamiento, que busca explotar al máximo las economías de escala, supone concentrar la carga en unos pocos puertos *hub*, que actúan como centros de distribución, desde donde la mercancía se reenvía en buques *feeder* a su destino final.

En este marco, cobran protagonismo las terminales de contenedores, en detrimento del papel de las autoridades portuarias, que aún tienen una misión importante que desarrollar como catalizadoras de la actividad portuaria en la promoción de actividades logísticas de valor añadido, en la implantación de los sistemas avanzados de comunicación e información, etc. Una de las funciones principales que las autoridades portuarias desarrollarán en el futuro es la creación de redes de cooperación portuaria tanto de carácter nacional como internacional.

En los puertos operan diversos agentes que prestan servicios portuarios (remolque, manipulación de mercancías, almacenamiento, transporte terrestre, etc.), que lejos de constituir un grupo homogéneo de actividades, se diferencian en aspectos tales como la naturaleza del servicio, el nivel de competencia o el grado de regulación. Por este motivo, es importante analizar cada una de las actividades por separado.

Con el tiempo, tanto los barcos como los medios de descarga se han ido especializando para atender a las distintas mercancías. Además, los puertos también son utilizados por pasajeros. Por ello, gran parte de las actividades portuarias (por ejemplo, los servicios de infraestructura, de manipulación de mercancía) debe analizarse desde una óptica multiproductiva.

La amplia variedad de agentes que operan en los puertos requiere la existencia de un organismo coordinador de todas las actividades. Habitualmente, esta tarea recae sobre las autoridades portuarias, cuyas funciones dependen del tipo de organización portuaria. Cabe distinguir tres modalidades de gestión en los puertos: *services* (público y privado), *tool* y *landlord*. Esta última, es la que predomina en la mayoría de los puertos de tamaño grande y mediano.

Capítulo 3

El sistema portuario español de titularidad estatal: Características y regulación

3.1. Introducción

El marco regulador en el que se desenvuelve la actividad portuaria es un concepto clave para entender el funcionamiento de los servicios portuarios. Por este motivo, en el presente capítulo se exponen los aspectos básicos del entorno institucional que define las normas de actuación de los puertos nacionales de titularidad estatal y se analizan, de forma general, las características de estos puertos.

Desde comienzos del año 2004, el sistema portuario estatal se rige por la Ley 48/2003, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general (Jefatura del Estado, 2003). Sin embargo, en el periodo objeto de estudio, que abarca los años 1990 a 2002, la regulación portuaria estaba establecida en la Ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (Jefatura del Estado, 1992), modificada posteriormente por la Ley 62/1997, de modificación de la Ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (Jefatura del Estado, 1997).

Por este motivo, en la sección donde se presenta el régimen legal, se describen, en primer lugar y con mayor detalle, los criterios de regulación que estaban vigentes en el periodo de análisis. A continuación, y para finalizar cada apartado, se realiza una reseña de la situación actual, destinada fundamentalmente a resaltar las modificaciones introducidas con respecto al esquema de funcionamiento anterior.

El capítulo se desarrolla de la siguiente manera. Seguidamente se presentan las características más destacables del sistema portuario español de titularidad estatal (sección 3.2). En el siguiente apartado (3.3) se analiza el marco legal bajo el que operan tales puertos, resaltándose los aspectos que hacen referencia a la organización y gestión portuaria, las condiciones de prestación de los servicios portuarios y las características del régimen económico-financiero. Para finalizar, en la sección 3.4 se exponen, a modo de resumen, las principales conclusiones alcanzadas.

3.2. Características generales

En la actualidad, casi el 59% de las exportaciones y el 82% de las importaciones españolas pasan por los puertos de interés general, lo que representa el 53% del comercio exterior español con la Unión Europea y el 96% con terceros países. En un periodo caracterizado por la expansión de los intercambios comerciales, la consolidación del mercado interior comunitario y el desarrollo de una política común del transporte, las cifras anteriores ponen de relieve la importancia estratégica de los puertos.

El sistema portuario español de titularidad estatal está constituido por 27 autoridades portuarias que gestionan y administran 49 puertos de interés general⁴ y por el ente público Puertos del Estado, encargado de ejecutar la política portuaria y de coordinar el sistema.

Se consideran puertos de interés general aquéllos que se caracterizan por algunas de las condiciones siguientes: realización de actividades comerciales marítimas internacionales, existencia de más de una comunidad autónoma afectada por la influencia comercial, prestación de servicios a industrias de importancia estratégica para la economía nacional, volumen y características de las actividades comerciales relevantes y razones de seguridad del tráfico marítimo. Junto a ellos, existe un conjunto de puertos, competencia de las comunidades autónomas, caracterizados por ser de refugio, deportivo y, en general, no comerciales.

La alta densidad de población del litoral español, con la consiguiente intensificación de la actividad económica, unido a una insuficiencia histórica de infraestructuras de transporte terrestre perimetrales, posibilitó la proliferación de puertos a lo largo del litoral español. En términos medios, existe un puerto de interés general cada 150 kilómetros de litoral peninsular, a los que hay que añadir los 18 puertos de los archipiélagos insulares y los de Ceuta y Melilla.

Se trata de puertos de tamaño mediano y pequeño. Solamente un puerto supera los 50 millones de toneladas y si la referencia se sitúa en 30 millones de toneladas, sólo la alcanzan tres puertos. Los 14 puertos más pequeños mueven la

⁴ Inicialmente eran 47 puertos. Desde 1992 se han creado nuevos puertos y también se han producido traspasos de puertos a otras administraciones. Por ejemplo, en 2000 el puerto de Torreveja, que era competencia de la Autoridad Portuaria de Alicante, pasa a ser gestionado por la Generalitat Valenciana.

misma cantidad de carga que el mayor. Todos los puertos estatales manejan prácticamente lo mismo que el puerto de Róterdam.

Desde un punto de vista geográfico, cabe destacar dos circunstancias. En primer lugar, los puertos españoles se encuentran en una situación periférica respecto de los grandes centros de producción y consumo europeos, situados en el arco que va desde Le Havre hasta Hamburgo. Este condicionante favorece que los tráficos marítimos con origen o destino en España utilicen básicamente los puertos españoles y que la participación de los puertos españoles en los tráficos marítimos con origen o destino fuera de España sea, en general, escasa. Ello genera una alta cautividad de los tráficos, que se acentúa en los territorios insulares, así como una competencia entre puertos que se intensifica con la mejora de las comunicaciones terrestres, lo que amplía las zonas de influencia, que en algunos casos pueden llegar a solaparse.

En segundo lugar, la posición periférica sitúa a España en la ruta de los grandes flujos comerciales alrededor del mundo (sentido este-oeste), donde el tráfico, particularmente el de contenedores, está teniendo un auge importante en los últimos tiempos. Este tipo de tráfico utiliza buques de gran tamaño y necesita contar con centros de distribución de mercancías.

3.3. Régimen legal

La primera norma de referencia española es la Constitución Española de 1978 que, en su artículo 149.1.20ª, atribuye la competencia sobre los puertos de interés general al Estado, quedando el resto de los puertos bajo tutela de las Comunidades Autónomas.

El primer desarrollo del mandato emanado de la Constitución se halla en la Ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, que posteriormente fue reformada por la Ley 67/1997, de modificación de la Ley 27/1992. Ambas normas suponen un cambio sustancial de la legislación en materia portuaria y facilitan la evolución del sistema desde un modelo intervencionista a un esquema de gestión descentralizado. En este marco normativo se establece que las competencias en el ámbito portuario que corresponden a la Administración del Estado, serán ejercidas por el Ministerio de Fomento a través de dos organismos: Puertos del Estado, al que corresponde la coordinación y el control del sistema, y las autoridades portuarias, encargadas de la gestión de los puertos de su competencia en régimen de autonomía.

Desde 1968 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 autónomos 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 que presentaba la rigidez en la gestión propia de los órganos burocráticos.

En 1992 se acomete una reforma portuaria cuyo objetivo fundamental es dotar al sistema portuario español de titularidad estatal de un marco institucional caracterizado por el desarrollo de nuevas estructuras organizativas y de procedimientos de gestión más ágiles.

Esta configuración permitió que la gestión de los puertos pasara de un sistema dual, intervencionista y sustentado en criterios administrativos, a un modelo único de gestión, muy descentralizado y fundamentado en un concepto comercial de los servicios portuarios, si bien 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 burocratización y la escasa flexibilidad planteadas por el anterior sistema de juntas de puertos.

La experiencia acumulada 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 una nueva adaptación del modelo con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos. En primer lugar, reforzar la autonomía funcional y de gestión de las autoridades portuarias sin perjuicio de los mecanismos necesarios de control y coordinación. Para lograr este objetivo se atribuyen nuevas funciones a las autoridades portuarias como, por ejemplo, aprobar sus presupuestos anuales y su programa de actuación, inversiones y financiación; funciones que, en cierta medida, habían correspondido a Puertos del Estado.

En segundo lugar, integrar de manera efectiva los intereses económicos de las comunidades autónomas, dada la organización territorial del Estado y el impacto económico y social que tienen los puertos en las comunidades autónomas en que se ubican. Con esta finalidad se establece que las comunidades autónomas designen al presidente de la autoridad portuaria y determinen la composición última del consejo de administración.

En tercer lugar, configurar un escenario de libre y leal competencia, perfilando los papeles que han de jugar tanto el sector público como el privado. Por un lado, se diseña un marco de libertad tarifaria para las autoridades portuarias que, sirviendo al objetivo de autofinanciación, evite prácticas abusivas en relación a los tráficos cautivos. Al mismo tiempo, la creación de un comité para la distribución del fondo de contribución⁵ con destino a inversiones, elimina cualquier elemento de discrecionalidad. Por último, se impulsa la profesionalización de la gestión de cada puerto y se potencia la presencia del sector privado en las operaciones portuarias.

Con la finalidad doble de mejorar la competitividad internacional del sistema portuario estatal y de potenciar su crecimiento, así como de avanzar en la liberalización de los servicios de transporte, siguiendo las orientaciones de la política europea de transporte, se acomete en 2003 una nueva reforma estructural del sector portuario estatal.

La Ley 48/2003 mantiene un modelo de gestión de los puertos tipo *landlord*, acentuando sus características. En este sentido, el papel de las autoridades portuarias se orienta exclusivamente a la provisión y gestión de infraestructuras y espacios portuarios y a la regulación de la actividad económica que constituyen los servicios portuarios, cuya prestación corresponde al sector privado.

Frente al modelo anterior, en el que la titularidad de los servicios portuarios recaía en las autoridades portuarias, bajo el nuevo esquema, solamente se admite la actividad prestacional de las autoridades portuarias en caso de ausencia o insuficiencia de iniciativa privada. Derivado del marco descrito, se establece una regulación del dominio portuario orientada a promover e incrementar la participación de la iniciativa privada en las financiación, construcción y explotación de las instalaciones.

Si bien la legislación nacional define el modelo y las normas de actuación del sistema portuario nacional, no cabe duda de que las directrices europeas ejercen influencia sobre algunos aspectos de la regulación y del funcionamiento de los puertos.

⁵ El fondo de contribución, formado por aportaciones de las autoridades portuarias, se destina a cubrir los gastos e inversiones de funcionamiento de Puertos del Estado, los servicios comunes que éste preste a las autoridades portuarias, las actividades de investigación y desarrollo, y los servicios centrales de señales marítimas.

El Libro verde sobre los puertos y las infraestructuras marítimas (Comisión de las Comunidades Europeas, 1997) constituye el primer intento de la Comisión Europea de lograr una armonización política en el ámbito portuario. Tras la publicación del citado documento se ha suscitado un debate sobre cómo mejorar la eficiencia portuaria con el objetivo de integrar los puertos en la red de transporte europea. De este modo, han surgido trabajos cuyos temas centrales son los siguientes: inclusión de los puertos en la Red Transeuropea de Transporte, regulación de las condiciones de acceso al mercado de los servicios portuarios y financiación pública de los puertos y las infraestructuras portuarias.

En relación a la primera cuestión, la Comisión ha propuesto que aproximadamente 300 puertos se incluyan en los planes de la Red, estando pendiente en la actualidad que esta propuesta sea atendida por el Parlamento y el Consejo.

Por otra parte, existen algunos motivos que pueden justificar la existencia de restricciones de acceso a los servicios portuarios: espacio limitado, razones de seguridad marítima o protección medioambiental, etc. Más allá de estas situaciones, los servicios deben prestarse con el mayor grado de competencia que las especiales características de cada uno de ellos permitan. En este ámbito, la propuesta de Directiva sobre el acceso al mercado de los servicios portuarios ha sido recientemente rechazada por el Parlamento Europeo debido, fundamentalmente, a la fuerte presión ejercida por los sindicatos de los estibadores portuarios en contra de la autoprestación.⁶ Casi al mismo tiempo, en España se aprobaba el nuevo modelo que proclama la libertad de acceso al mercado de servicios portuarios (en virtud de la ya mencionada Ley 48/2003).

En materia de financiación, y desde el punto de vista de la competencia entre puertos, una cuestión de importancia son los flujos financieros entre las autoridades portuarias, los operadores del puerto y los usuarios de los servicios e instalaciones. La competencia entre operadores públicos y privados no debe ser falseada por la existencia de fondos públicos que permitan a los operadores públicos reducir sus costes. En este sentido, la Directiva 2000/52/CE de la Comisión (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000) exige que las relaciones financieras entre las autoridades y las empresas públicas sean transparentes, de forma que se garantice una competencia leal entre ellas.

⁶ Posibilidad de que una naviera pueda prestarse a sí misma, con personal embarcado y medios propios, servicios que podrían haber sido contratados con empresas autorizadas para prestarlos.

Otro aspecto que preocupa y que difiere entre puertos, es el relativo a las ayudas estatales para la financiación de infraestructuras marítimas, solicitándose a la Comisión que elabore unas directrices sobre las mismas.

Por otro lado, el Libro blanco de la política europea de transportes de cara al 2010 (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001), propone fomentar el transporte marítimo de corta distancia (cabotaje entre puertos europeos) y el transporte fluvial, para dar solución a la congestión que sufren algunas carreteras y al déficit de infraestructura ferroviaria. Para lograr este objetivo se requiere la creación de “autopistas del mar”, lo cual a su vez supone mejorar la conexión de los puertos con la red ferroviaria y la fluvial.

3.3.1. Organización y gestión portuaria

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema portuario español de titularidad estatal está gestionado por 27 autoridades portuarias que, pese a actuar con autonomía, son coordinadas y controladas por Puertos del Estado.

Puertos del Estado es un ente público, adscrito al Ministerio de Fomento, que tiene personalidad jurídica y patrimonios propios, plena capacidad de obrar y cuyas actividades se ajustan al ordenamiento jurídico privado, excepto en el ejercicio de funciones de carácter público.

Bajo la dependencia y supervisión del Ministerio de Fomento, a Puertos del Estado le corresponde los siguientes cometidos: ejecutar la política portuaria del Gobierno; coordinar y controlar la eficiencia del sistema portuario de titularidad estatal; coordinar los diferentes órganos de la administración del Estado que establecen controles en los espacios portuarios; promover la investigación y el desarrollo y la formación en materias portuarias; y planificar, coordinar y controlar el sistema de señalización marítima.

Las autoridades portuarias son entidades de derecho público, que tienen personalidad jurídica y patrimonios propios independientes de los del Estado y plena capacidad de obrar para el cumplimiento de sus fines. Están dotadas de gran autonomía funcional y de gestión, y operan con objetivos y procedimientos de gestión empresarial.

Son competencia de las autoridades portuarias las siguientes funciones: ordenación de la zona de servicio del puerto y de los usos portuarios, en coordinación con las administraciones competentes en materia de ordenación del

territorio y urbanismo; gestión del dominio público portuario y de señales marítimas; optimización de la gestión económica y rentabilización de su patrimonio y presupuesto; fomento de las actividades industriales y comerciales relacionadas con el tráfico marítimo o portuario; y coordinación de las operaciones de los distintos modos de transporte en el espacio portuario.

Algunas de las funciones que desempeña Puertos del Estado suponen un límite a la autonomía de gestión que se otorga a las autoridades portuarias. En este sentido, corresponde a Puertos del Estado definir los objetivos generales de gestión de las autoridades portuarias a través de los planes de empresa que se acuerden con ellas, aprobar la programación financiera y de inversiones de las mismas, autorizar la participación de las autoridades portuarias en sociedades mercantiles, controlar el cumplimiento de los objetivos fijados para cada una de ellas. A su vez, el seguimiento y control de la eficacia de Puertos del Estado corresponde al Ministerio de Fomento, que también aprueba su plan anual de objetivos.

Durante los últimos 12 años, el principio de gestión unitaria ha regido la provisión de las actividades portuarias, de modo que la autoridad portuaria ha concentrado todas las competencias y responsabilidades relativas a la gestión (realización, autorización y control, según proceda) de los tráficos y servicios portuarios, tanto si se prestan en la zona terrestre como en la marítima del puerto. En la actualidad se admite que la iniciativa privada participe directamente en la prestación de parte de los servicios portuarios (Ley 48/2003).

3.3.2. Servicios portuarios

La Ley 27/1992 establece que los servicios portuarios quedan sometidos a las normas del derecho privado, pero mantiene una estrecha vinculación entre autoridades y servicios portuarios, en el sentido de que la titularidad de los mismos recae sobre las autoridades portuarias.

Dentro de los servicios portuarios figuran los que son responsabilidad directa de las autoridades portuarias, así como otros servicios que se realizan fuera de su control, pero que afectan al sistema de transportes o son de gran importancia para el puerto. En esta última categoría se enmarcan las siguientes actividades: control y despacho de aduanas; controles administrativos (fitosanitarios, comercio exterior, sanidad animal, sanidad exterior, etc.); relaciones con otros organismos o administraciones con influencia en el sector de transporte (RENFE, comunidades autónomas, etc.); relaciones con transitarios y

transportistas que fomenten el tráfico y la realización de actividades logísticas y, en particular, las generadoras de valor añadido a la mercancía.

Los servicios portuarios, cuya responsabilidad recae sobre las autoridades portuarias, pueden prestarse directamente por ellas o por operadores terceros que actúan en régimen de gestión indirecta (según se muestra en la tabla 3.1), en el caso de actividades para las cuales la autoridad portuaria carece de la especialización necesaria.

Tabla 3.1. Servicios portuarios (Ley 27/1992)

Servicio	Tipo de gestión
Practicaje	Indirecta
Remolque	Indirecta
Disponibilidad de zonas de fondeo y asignación de puestos de fondeo	Directa
Amarre y desamarre de buques, atraques y, en general, los que afectan al movimiento de las embarcaciones	Directa/Indirecta
Accionamiento de esclusas	Directa
Puesta a disposición de espacios, almacenes, edificios e instalaciones para la manipulación y el almacenamiento de mercancías y vehículos y para el tránsito de estos y de pasajeros en el puerto	Directa
Puesta a disposición de medios mecánicos, terrestres o flotantes para la manipulación de mercancías en el puerto	Directa/Indirecta
Suministro a buques de agua y energía eléctrica y de hielo a los pesqueros	Directa/Indirecta
Recogida de basuras y recepción de residuos sólidos y líquidos contaminantes procedentes de buques, plataformas u otras instalaciones fijas situadas sobre el mar	Directa/Indirecta
Servicios portuarios contraincendios, de vigilancia, seguridad, policía y protección civil	Directa/Indirecta
Labores de carga, descarga, estiba, desestiba, y trasbordo de mercancías*	Indirecta
Señalización marítima	Directa

* Estas tareas se rigen por su normativa específica.

La delimitación entre un modo y otro de gestión no siempre es clara y varía de un puerto a otro. Existen servicios que de manera inequívoca son proporcionados directamente por las autoridades portuarias, como por ejemplo, la asignación del puesto de atraque, mientras que otros, como puede ser la manipulación de carga/descarga de mercancía, son prestados por operadores privados. También pueden encontrarse servicios, como la recogida de basuras,

que en algunos puertos los provee la autoridad portuaria, mientras que en otros se trata de una actividad concesionada a una empresa privada. La tendencia actual es que todos los servicios que puedan ser prestados por empresas privadas en régimen de competencia se otorguen a través de autorizaciones o concesiones.

Los servicios que se prestan en régimen de gestión indirecta están sujetos a contratos de derecho privado, salvo en los aspectos relativos a la publicidad y concurrencia en su preparación y adjudicación.

Generalmente, la gestión indirecta de un servicio portuario requiere el otorgamiento de una autorización o concesión.⁷ Para garantizar la correcta prestación del servicio de que se trate, las autoridades portuarias, con anterioridad a la celebración del contrato, aprueban pliegos de cláusulas en los que se establecen las condiciones en que se ha de desarrollar la actividad: precios, garantías, productividad mínima, equipos y medios mecánicos, penalizaciones, etc.

En sintonía con los procesos de liberalización de servicios promovidos desde la Unión Europea, la Ley 48/2003 desarrolla un modelo que apuesta por reforzar el protagonismo del sector privado en las actividades de tipo prestacional que se desarrollan en los puertos.

En este marco, las autoridades portuarias dejan de ser titulares de estos servicios, limitándose su papel a la provisión y gestión de espacios de dominio público y a la regulación de la actividad económica que constituyen los servicios portuarios básicos que, a su vez, corren a cargo del sector privado.

En la actualidad, los servicios prestados en los puertos se clasifican en portuarios (que a su vez pueden ser generales o básicos), comerciales y otras actividades y, por último, de señalización marítima (véase tabla 3.2). La titularidad de los servicios portuarios generales y de señalización marítima recae sobre las autoridades portuarias, mientras que el resto de servicios son prestados por

⁷ Las autorizaciones se adjudican para realizar actividades en el espacio portuario que no requieran obras o instalaciones y para ocupar el dominio público portuario con instalaciones desmontables. Las concesiones se otorgan cuando es necesario ocupar dominio público portuario con obras o instalaciones no desmontables o por plazo superior a tres años.

particulares, tras la obtención de la oportuna licencia (servicios portuarios básicos) o autorización (servicios comerciales y otras actividades).

Este nuevo esquema conjuga el principio de libertad de acceso (salvo limitación en el número de operadores por razones de disponibilidad de espacio, capacidad de las instalaciones, seguridad o normas medioambientales), con el establecimiento de obligaciones de servicio público (en el caso de los servicios portuarios básicos) para garantizar la seguridad, continuidad, calidad, cobertura universal y unos precios razonables.

Tabla 3.2. Servicios prestados en los puertos (Ley 48/2003)

Servicios	Clases	Titularidad
Portuarios generales	Ordenación, coordinación y control del tráfico portuario Coordinación y control de los servicios básicos Señalización, balizamiento y otras ayudas Vigilancia, seguridad y policía Alumbrado Limpieza Prevención y control de emergencias	Autoridad portuaria
Portuarios básicos	Practicaje Técnico-náuticos: remolque y amarre y desamarre de buques Al pasaje (pasajeros, equipajes y vehículos) Manipulación y transporte de mercancías Recepción de desechos generados por buques	Operadores privados
Comerciales	Prestación de servicios portuarios o no, cuya realización esté permitida en el dominio público portuario: Consignación, mayoristas de pescado, venta o subasta de pesca, almacenamiento, gestión amarres deportivos, etc.	Operadores privados
Señalización marítima	Instalación, mantenimiento, control e inspección de las ayudas a la navegación marítima.	Autoridad portuaria

Los servicios portuarios básicos serán explotados por los operadores privados que lo soliciten, tras la obtención de una licencia que se concederá con carácter reglado a todos aquéllos que acrediten el cumplimiento de las obligaciones impuestas en los pliegos reguladores y en las prescripciones particulares del servicio.

Una excepción importante a esta regla la constituye el caso de que el acceso al mercado esté limitado. En tal circunstancia, las licencias se otorgarán a través de un concurso público, que se llevará a cabo aplicando los pliegos de bases elaborados por las autoridades portuarias. En ellos se especificará el número de

licencias a otorgar, los requisitos para participar en el concurso, la información que debe facilitar el solicitante y los criterios de adjudicación del concurso, que deberán ser objetivos y no discriminatorios.

La Ley 48/2003 incorpora numerosos elementos para garantizar un marco competitivo en la prestación de los servicios básicos: reconocimiento del principio de libertad de acceso, aplicación de las obligaciones de servicio público de forma neutral entre los operadores, creación de un observatorio permanente del mercado de servicios básicos, régimen de incompatibilidades para evitar posiciones dominantes, etc. Además, establece una relación extensa de funciones encomendadas a Puertos del Estado en este sentido: aprobar los pliegos reguladores de cada servicio incorporando medidas que protejan la libre competencia, realizar un informe de los acuerdos de limitación del número de operadores, informar al servicio de Defensa de la Competencia de los actos que planteen indicios de atentar contra la libre competencia, elaborar un informe anual de competencia, autorizar convenios o acuerdos entre autoridades portuarias, emitir circulares vinculantes a las empresas prestadoras de servicios para corregir prácticas contrarias a la libre competencia, etc.

En relación al observatorio permanente del mercado de servicios básicos y al comité de servicios portuarios básicos, es de destacar que la forma en que se ha diseñado su composición (autoridades portuarias, comunidades autónomas, organizadores de prestadores, trabajadores y usuarios) pone en peligro la independencia que todo organismo de este tipo debe tener. Es necesario advertir que se corre el riesgo de incurrir en un fenómeno de captura del regulador, que consiste en un mecanismo en virtud del cual el regulado, para defender sus intereses, más que enfrentarse al organismo regulador, lo que hace es conquistarlo (Fernández Ordoñez, 2000).

A pesar de estos esfuerzos, el hecho de que se pueda limitar el número de prestadores de cada servicio, reduce las posibilidades de que los servicios se puedan prestar en régimen de competencia. Si a esta circunstancia se une que el titular de una concesión demanial (de infraestructura), cuyo objeto sea la prestación de servicios al pasaje o de manipulación y transporte de mercancías, tiene derecho a la obtención de una de las licencias (siempre que cumpla los requisitos establecidos en la misma), el resultado es una restricción aún mayor del grado de competencia.

Dos novedades incorpora el marco legal actual: la posibilidad de autoprestación, y la integración de servicios. La autoprestación consiste en que una naviera pueda prestarse a sí misma, con personal embarcado y medios propios, servicios

que podrían haber sido contratados con empresas autorizadas para prestarlos. La integración de servicios se produce cuando un concesionario de una estación marítima o de una terminal de mercancías, que opera exclusivamente buques de su propio grupo empresarial, presta servicios de practica y/o técnico-náuticos a estos buques, con medios propios y sin celebrar contratos con terceros.

3.3.3. Régimen económico-financiero

El objetivo que se persigue desde el punto de vista económico-financiero es que el sistema portuario se financie con los recursos que él mismo genera. En este sentido, los ingresos de las autoridades portuarias se configuran con el propósito de alcanzar la rentabilidad del sistema portuario en su conjunto y de cada uno de los puertos.

La fuente fundamental de recursos de las autoridades portuarias está constituida por los ingresos procedentes del ejercicio de sus actividades (tarifas cobradas en concepto de señalización marítima, buques, pasaje, mercancías, pesca fresca, embarcaciones deportivas y de recreo, grúas de pórtico, almacenaje, suministros, servicios diversos) y por los cánones, que pueden ser de dos tipos: por ocupación o aprovechamiento del dominio público portuario (ocupación de terrenos, de las aguas del puerto, de obras e instalaciones y aprovechamiento del dominio público portuario) y por prestación de servicios y desarrollo de actividades comerciales o industriales.

La Ley 62/1997 propugna la libertad tarifaria de las autoridades portuarias, libertad que hay que entender con ciertos matices. Por una parte, cada autoridad portuaria aprueba sus tarifas de acuerdo a sus propias estrategias comerciales, pero también conforme a ciertos criterios de rentabilidad que determina el Ministerio de Fomento. Por otra parte, las tarifas se tendrán que ajustar a dos circunstancias definidas, de nuevo centralmente: los límites máximos y mínimos de las tarifas⁸ (Ministerio de Fomento, 1998-a) y los supuestos y la estructura tarifaria a aplicar por los servicios proporcionados (Ministerio de Fomento 1998-b).

⁸ Desde la aprobación de la Ley 27/1992, el Ministerio competente aprobaba, cada año, los límites máximos y mínimos de las tarifas. La Ley 62/1997 establece un periodo transitorio de 3 años para mantener el régimen de determinación de tales límites.

El régimen de tarifas por servicios portuarios contempla una serie de reducciones de las que se derivan las siguientes consideraciones. De una parte, el interés por prestar servicios de calidad, aspecto de gran relevancia para reforzar la competitividad exterior de los puertos españoles. De otro lado, se pone de manifiesto la capacidad que tienen las autoridades portuarias para definir sus políticas comerciales. Básicamente, las estrategias comerciales tienden a potenciar, en términos de mercancía, los tráficos comunitario y de tránsito internacional; y los cruceros turísticos, en relación a los pasajeros. Otro aspecto al que se presta atención es a las particulares condiciones que presentan los puertos insulares.

La Ley 48/2003 sigue estableciendo los elementos esenciales para la determinación de las tarifas (tipos, supuestos, cuotas, etc.), aunque profundiza en la utilización de coeficientes correctores y bonificaciones con fines comerciales. Con esta medida se persigue mejorar la competitividad entre los puertos estatales y de éstos con el resto de puertos internacionales. Como novedad cabe citar el interés por potenciar los aspectos siguientes: el papel de España como plataforma logística internacional; la intermodalidad, es decir, la integración de los puertos estatales en las cadenas de transporte nacional e internacional; mejores prácticas medioambientales y aspectos de mejora de la calidad.

Cabe afirmar que la nueva regulación de las tarifas no ha realizado grandes aportaciones a la libertad tarifaria. Si se desea alcanzar este objetivo, no debería establecerse medida alguna en aquéllos puertos o tráficos donde existe competencia suficiente. Sin embargo, en el caso de tráfico cautivo, es preciso, no sólo regular las tarifas, sino establecer un sistema de revisión que garantice la efectividad de la regulación.

Otras vías complementarias de financiación están constituidas por los fondos internos del sistema, las subvenciones (fundamentalmente procedentes de fondos FEDER, de cohesión e Interreg) y la financiación bancaria.

Los fondos internos se configuran como instrumentos financieros de cohesión del sistema portuario. El **fondo de contribución** se crea en 1985 en la Ley de Presupuestos Generales del Estado con la finalidad de financiar inversiones del sistema portuario. Está formado por las aportaciones no reintegrables realizadas por las autoridades portuarias y tiene por objeto cubrir los gastos e inversiones de funcionamiento de Puertos del Estado, los servicios comunes que dicho órgano presta a las autoridades portuarias, las actividades de investigación y desarrollo y los servicios centrales de señales marítimas. Asimismo, las autoridades portuarias también contribuyen a cubrir las inversiones que realizan

a través de Puertos del Estado. Es decir, se trata de un sistema de caja única, de forma que los puertos más rentables contribuyen a la financiación de las inversiones de los puertos menos rentables, así como a cubrir su déficit.

Para evitar discrecionalidades la Ley 67/1997 establece que la distribución del fondo, destinado prioritariamente a los proyectos que muestren mayor rentabilidad social y los que afecten a puertos insulares no ubicados en capitales de provincia, se realice por un comité en el que están representadas todas las autoridades portuarias.

La otra figura de financiación interna es el **fondo de financiación y solidaridad**. Las aportaciones a este fondo son voluntarias y reintegrables. Está constituido por las cantidades que las autoridades portuarias con excedentes de tesorería ponen a disposición de otras, a un tipo de interés que se fija de acuerdo a las condiciones de mercado. Este fondo requiere el control de Puertos del Estado, para que su utilización no suponga beneficios económicos o subvenciones cruzadas que puedan distorsionar la libre competencia entre los puertos de interés general.

La Ley 48/2003 crea un **fondo de compensación interportuario** (y desaparecen los anteriores), que constituye un elemento de solidaridad interportuaria y de garantía de financiación de las infraestructuras. Es gestionado por Puertos del Estado, y se financia con aportaciones de dicho organismo y de cada autoridad portuaria. El comité de distribución del fondo aprueba el reparto del mismo que, con carácter finalista, estará orientado a favorecer los siguientes aspectos: el ajuste de los desequilibrios presupuestarios ocasionados por la diferente posición competitiva de los puertos (especialmente en los archipiélagos), por la necesidad de acometer grandes obras de mantenimiento o reparación, o por la inclusión de diversos puertos en una autoridad portuaria; el desarrollo sostenible de la actividad portuaria en el conjunto de los puertos estatales; la mejora de la accesibilidad viaria y ferroviaria; y el desarrollo tecnológico del sector.

3.4. Resumen y conclusiones

En 1992 se acomete una reforma en el ámbito portuario, cuya misión fundamental era diseñar un sistema de gestión de los puertos más eficiente y descentralizado. Quizás lo más relevante en relación al primer aspecto señalado es un cambio profundo en la concepción de los servicios portuarios, que pasan de gestionarse con criterios administrativos a tener una vocación claramente comercial. El segundo aspecto se logra con la creación de las autoridades

portuarias que, con autonomía, son las encargadas de la gestión de los puertos que tienen bajo su control.

Tras cinco años desde la puesta en marcha de la primera reforma se hizo necesaria una adaptación del modelo con la finalidad de reforzar la autonomía funcional y de gestión de las autoridades portuarias. Con la Ley 67/1997 también se intenta integrar de manera efectiva los intereses económicos de las comunidades autónomas, así como configurar un escenario de libre y leal competencia, perfilando los papeles que han de jugar tanto el sector público como el privado. Esta Ley impulsa la profesionalización de la gestión de cada puerto y se potencia la presencia del sector privado en las operaciones portuarias.

Puesto que la eficiencia de los puertos depende en gran medida de cómo se provean los servicios portuarios, la reforma emprendida con la Ley 48/2003 hace especial hincapié en la definición de las reglas de prestación de los mismos. Se pasa de un sistema en el que la titularidad de los servicios portuarios corresponde a las autoridades portuarias (aunque se admitía la prestación de los mismos en régimen de gestión indirecta por parte de la iniciativa privada), a un modelo más liberalizado, en el que la prestación de los servicios portuarios calificados como básicos (practicaje, remolque y amarre de buques, servicios al pasaje, manipulación y transporte de mercancías y recepción de desechos generados por buques) corresponde a los operadores privados.

En definitiva, a pesar de la autonomía de gestión que se concede a las autoridades portuarias, lo cierto es que siguen estando sujetas a un control y supervisión por parte de Puertos del Estado, quién también define los criterios generales que rigen las actuaciones de aquéllas.

La nueva normativa introduce una orientación claramente desreguladora. Sin embargo, lo cierto es que los servicios portuarios siguen estando sujetos a diversas trabas regulatorias como pueden ser las licencias o autorizaciones que las empresas deben conseguir para operar en el puerto. Es posible que en algunos casos estas trabas administrativas estén justificadas, pero habría que profundizar en el estudio de esta cuestión para justificar, en cada caso, la necesidad de la regulación.

El servicio de manipulación de mercancías es el que más coste impone durante la estancia del buque en un puerto. Sin embargo, no se han producido cambios importantes en la regulación del servicio, sobre todo en lo que a aspectos laborales se refiere.

A pesar de que las modificaciones de la regulación portuaria introducidas en los años noventa perseguían el objetivo de descentralizar el sistema, lo cierto es que 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 (Nombela y Trujillo, 1999).

En lo referente a la prestación de servicios portuarios, el régimen legal vigente en la actualidad establece una filosofía diferente a la anterior, en la que destaca el esfuerzo por descentralizar la prestación de servicios de las autoridades portuarias y por promover la competencia entre los operadores dentro de los puertos. No obstante, la regulación tarifaria no parece responder a esta filosofía y algunos de los mecanismos establecidos para incentivar la competencia corren el riesgo de sufrir efectos perversos como la captura del regulador.

A pesar de los instrumentos establecidos para salvaguardar la competencia entre los prestatarios de los servicios, lo cierto es que la posibilidad de limitar el acceso a la prestación de servicios básicos hace que, de hecho, la situación en estas actividades, no sea muy diferente de la que existía en la década de los 90.

Capítulo 4

El sistema portuario español de titularidad estatal: Descripción cuantitativa

4.1. Introducción

Este capítulo tiene por objeto caracterizar, desde un punto de vista cuantitativo, los puertos españoles de titularidad estatal.⁹ El periodo temporal en que se efectúa este análisis es el comprendido entre los años 1990 y 2002, pues es el que se utilizará, en el capítulo 7, para estimar la eficiencia técnica de los principales puertos de contenedores.

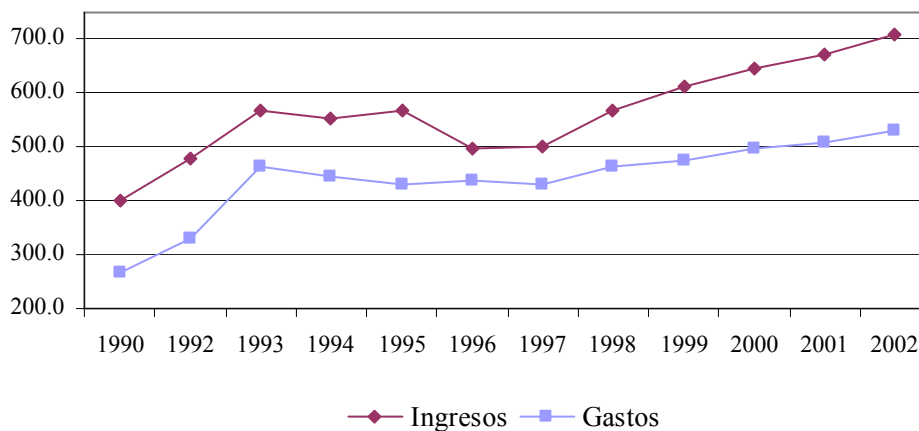
El estudio se desarrolla como se detalla. En el apartado 4.2 se detalla la evolución que han experimentado los ingresos y gastos de explotación, haciendo especial mención a la procedencia de los ingresos. A continuación, en la sección 4.3 se muestra la trayectoria seguida por las inversiones, así como su distribución por objetivos, con la finalidad de determinar hacia qué tipo de proyectos o de tráficos se destinan mayoritariamente los recursos económicos. Posteriormente, (sección 4.4) y con el propósito de caracterizar los puertos más relevantes desde un punto de vista comercial, se describe la evolución de los diferentes elementos del tráfico portuario, tanto las diversas modalidades de mercancía, como los pasajeros y los buques. Este capítulo finaliza con un apartado de resumen y conclusiones.

⁹ A efectos de hacer más ligera la lectura, en ocasiones se referirá a los puertos españoles de titularidad estatal como “puertos nacionales” o como “puertos españoles”. Debe tenerse en cuenta que tales expresiones no son sinónimos de la primera, puesto que en el litoral español existen puertos cuya titularidad recaerá sobre las comunidades autónomas u otras esferas de la administración territorial.

4.2. Resultados económicos

El sistema portuario español de titularidad estatal ha sido capaz, a lo largo del periodo 1990-2002, no sólo de autofinanciar sus operaciones de explotación, sino que además ha podido obtener beneficios (véase gráfico 4.1). Esto ha sido así, incluso en los años en que la coyuntura nacional e internacional, imponían una ralentización del negocio portuario (1994 y 1996) y a pesar de las reducciones de tarifas acometidas desde 1996.

**Gráfico 4.1. Evolución de los resultados de explotación.
Sistema portuario estatal, 1990-2002**



Fuente: Puertos del Estado (varios años-b). Elaboración propia.

A partir de 1997, la recuperación del tráfico hace que los ingresos crezcan más rápidamente que los gastos, promoviendo un aumento de los resultados de explotación. Todo ello a pesar de que desde comienzos del siglo XXI se está promoviendo una política de contención de las tarifas. De este modo, en 2002 los resultados de explotación ascendieron a 177 millones de euros. La mitad de esta cifra la generan las autoridades portuarias de Valencia, Barcelona, Bahía de Algeciras y Tarragona.

Los ingresos de explotación provienen de las tarifas por la prestación de servicios y de los cánones por la utilización del dominio portuario. Año tras año, la actividad comercial de estos puertos ha hecho crecer los ingresos, de tal manera que en el periodo 1990-2002 han crecido al 5% anual, alcanzando en el año 2002 la cifra de 709 millones de euros.

Este crecimiento se ha producido sin que en los últimos años se hayan efectuado incrementos en las tarifas y con una reducción progresiva de la recaudación por la utilización de grúas pórtico, debido al proceso de externalización de este servicio (prácticamente finalizado), que responde a la finalidad de potenciar que la actividad de prestación de servicios sea llevada a cabo por empresas privadas. Así pues, las cifras ponen de manifiesto un incremento de la actividad portuaria.

Atendiendo a la distribución de los ingresos de explotación cabe destacar que en su mayoría se trata de tarifas por servicios portuarios, aunque las tasas por concesiones y autorizaciones (cánones) cada vez tienen mayor peso en los ingresos de explotación.

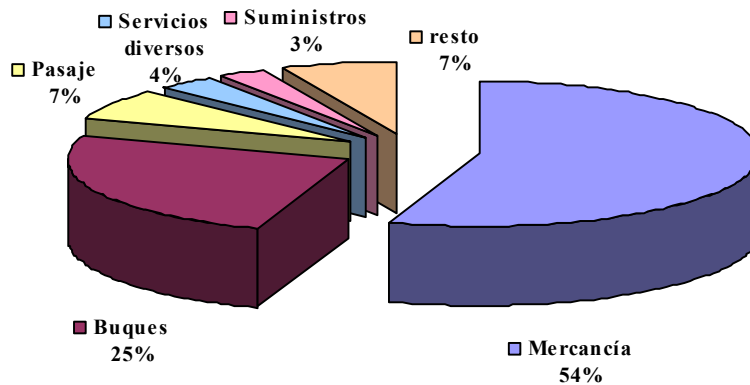
Si en 1990 las tasas por canon apenas representaban un 9%, en el año 2002 su participación supera el 23%. La tasa de crecimiento en el periodo 1990-2002 de los ingresos por canon es del 14% anual (frente a una tasa del 3% anual que presentan los ingresos por servicios portuarios). Este dato refleja los resultados de una política que trata de potenciar un modelo de introducción de participación privada en la prestación de servicios.

Los ingresos por servicios portuarios alcanzaron en 2002 un total de 536 millones de euros, lo que representa un crecimiento del 4% respecto al año anterior. Dentro de ellos predominan los procedentes de las tarifas establecidas sobre los buques, el pasaje y las mercancías que, como puede apreciarse en el gráfico 4.2, representan el 87%.

Por autoridades portuarias, casi el 70% de los ingresos totales de explotación se concentran en diez de ellas, situándose a la cabeza los puertos de Barcelona (13,5%), Valencia (10,4%), Bilbao (7,5) y Bahía del Algeciras (7,2%). Como se verá más adelante, se trata de los principales puertos comerciales del país.

A lo largo del periodo los gastos de explotación han aumentado a una tasa anual del 6%. En 2002 estos gastos han ascendido a 532 millones de euros, registrándose un aumento respecto al año anterior del 4,5%. En la actualidad, los gastos de explotación se reparten, a partes prácticamente iguales, entre gastos de personal, dotación para amortizaciones y otros gastos de explotación, donde se engloban servicios exteriores, reparaciones, servicios profesionales, suministros, etc.

Gráfico 4.2. Distribución de los ingresos por servicios portuarios. Sistema portuario estatal, 2002



Fuente: Puertos del Estado (varios años-b). Elaboración propia.

4.3. Inversiones

La ampliación y modernización de las infraestructuras, para adecuarlas a una demanda progresiva de servicios de infraestructura que impone el crecimiento de los tráficos, exige a las autoridades portuarias un importante esfuerzo inversor. En el año 2002 la inversión global efectuada en el sistema portuario estatal ascendió a 545 millones de euros. Respecto a la inversión de 1993, esta cifra supone un crecimiento del 8,3% anual en términos corrientes y del 5,5% anual en términos constantes.

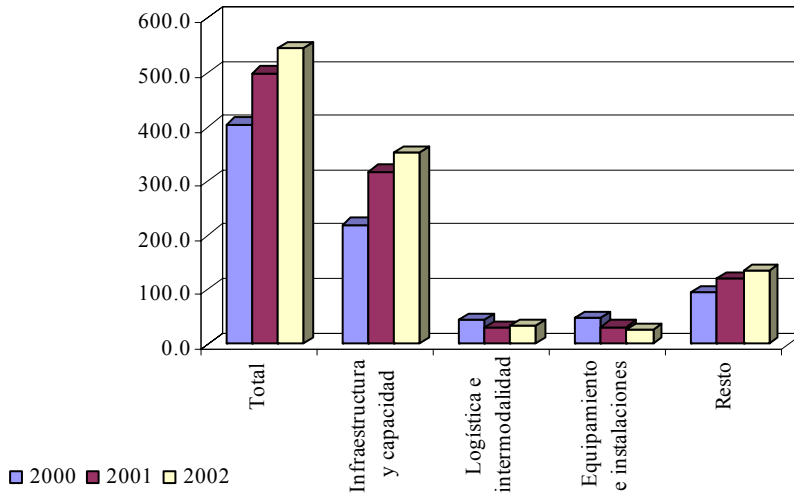
La financiación de las inversiones se realiza, en su mayoría, con los recursos que genera el sistema. Sin embargo, con la excepción de los años 1994 y 1995, éstos no son suficientes. El resto de la financiación proviene del fondo de contribución (9% en el año 2002), de deuda a largo plazo (8%) y de subvenciones (15%), principalmente fondos FEDER y de cohesión, procedentes de la Unión Europea.

En el gráfico 4.3 se muestra la evolución, en los últimos años, de las grandes partidas de inversión. Destacan, por su cuantía y evolución creciente, las destinadas a infraestructura y capacidad (64,5% de la inversión total en 2002). El Plan de Infraestructuras 2000-2007, hace especial hincapié en la dotación de

áreas abrigadas, accesos marítimos y terrestres y generación de suelo, para hacer posible que la iniciativa privada pueda acometer otras inversiones.

En torno a un 70% de la inversión se concentra en 10 autoridades portuarias, cuyos proyectos de inversión se dirigen fundamentalmente a la ampliación de los puertos, es decir, a la creación de superficie terrestre y a la construcción y ampliación de los muelles destinados principalmente al tráfico de contenedores, de gases licuados, y de cruceros. Otra parte de las inversiones se destina a mejorar las conexiones terrestres, al desarrollo de diferentes obras de abrigo, dragado de canales, etc.

Grafico 4.3. Inversiones portuarias por objetivos. Sistema portuario estatal, 2000-2002.



Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

4.4. Tráfico portuario

En los últimos años se ha producido un desarrollo espectacular del tráfico en los puertos españoles (véase tabla 4.1). En el año 2002 se movieron, en los puertos españoles, 366 millones de toneladas. Esta cifra representa un incremento del 4,65% respecto al año anterior, siendo el crecimiento del periodo 1990-2002 del 3,4% anual acumulado.

Algunas modalidades de mercancía han crecido incluso por encima del PIB. Por ejemplo, en la década comprendida entre los años 1992 y 2002 mientras el PIB

crecía a una tasa anual del 6,6%, la mercancía general y la carga transportada en contenedor lo hacían al 8,9% y al 11,8%, respectivamente.

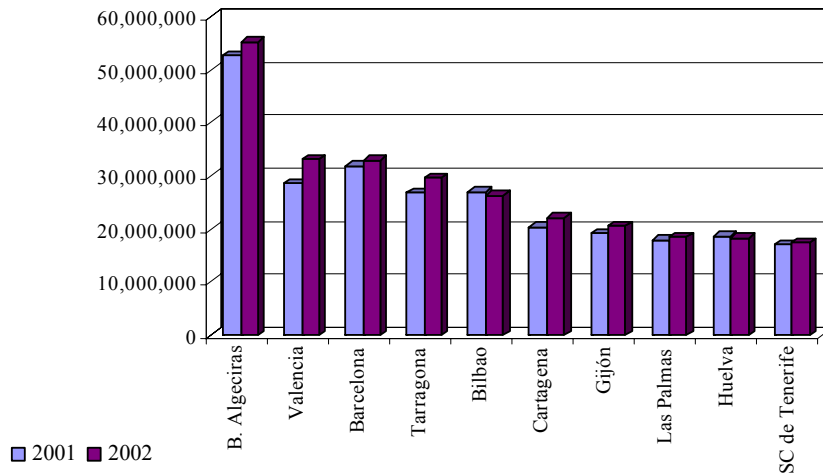
**Tabla 4.1. Resumen de la actividad portuaria.
Sistema portuario estatal. 1990-2002**

Tráfico	1990	1993	1998	2001	2002
Tráfico total (miles tm)	243.695	244.669	303.883	349.669	366.461
Pasajeros (miles)	15.212	16.202	19.523	23.235	21.955
Buques (nº)	97.766	94.538	112.715	109.786	113.824
Buques (miles GT)*	464.742	471.401	876.144	1.043.103	1.159.010

* Téngase en cuenta que antes de 1995 el arqueo de los buques se medía en toneladas de registro bruto (TRB).
Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

Las autoridades portuarias con mayor volumen de tráfico total se presentan en el gráfico 4.4. Un 75% del tráfico total nacional lo manejan 10 autoridades portuarias. De ellas, las que presentan mayor crecimiento en el periodo completo son: Valencia (8,7% anual), Bahía de Algeciras (6,4% anual), y Las Palmas (5,5% anual).

**Gráfico 4.4. Tráfico portuario total.
Principales autoridades portuarias, 2001-2002**



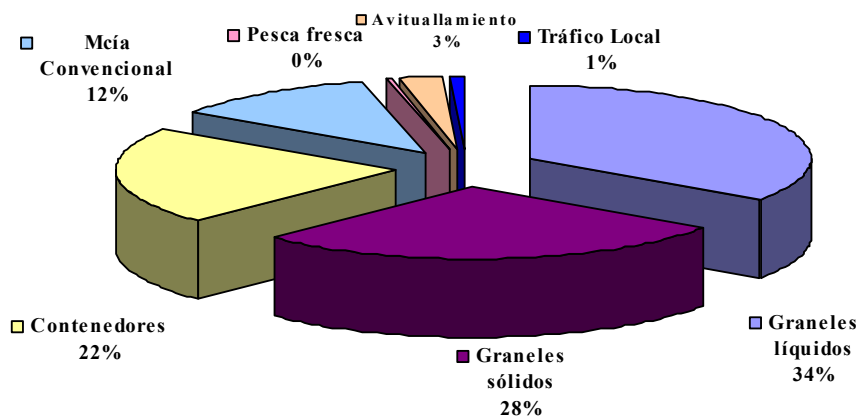
Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

En los años 2001 y 2002 han visitado los puertos españoles 23 y 22 millones de pasajeros, respectivamente. Desde el año 1990 el número de pasajeros ha crecido a una tasa del 3,1% anual acumulado.

El tránsito de buques (114 mil en el año 2002) confirma la evolución expuesta, si bien es preciso tener en cuenta que los avances tecnológicos de la navegación se traducen en el desarrollo de barcos con mayor capacidad de carga, por lo que es posible que la cantidad de buques que visitan un puerto no aumente con la misma progresión con que lo hace la carga o los pasajeros. De este modo, si bien entre los años 1995 y 2002 el arqueo de los buques, medido en *GT* (*gross tonnes*), aumentó en un 8,9% anual, el número de barcos en el mismo periodo creció al 0,3% anual. No es posible establecer la comparación en un periodo de tiempo más amplio debido al cambio en el sistema de medida del arqueo de los barcos que tiene lugar en 1995.

El tráfico total está formado por varios tipos de mercancía: granel líquido, granel sólido, mercancía general (que se divide en contenerizada y convencional), pesca fresca, avituallamiento (suministro a buques de combustible, agua y hielo) y tráfico local (el que se produce en el interior de las aguas de un puerto).

**Gráfico 4.5. Distribución del tráfico portuario total, por tipos.
Sistema portuario estatal, 2002**



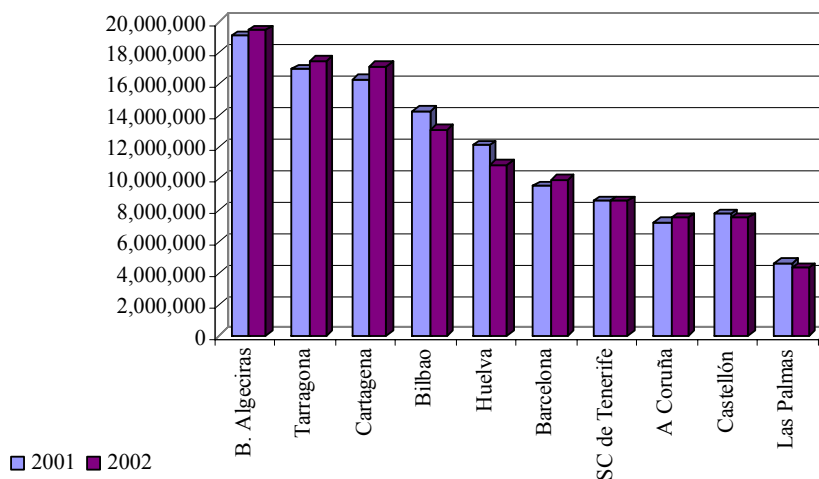
Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

La participación de cada modalidad de carga en el tráfico total se presenta en el gráfico 4.5, donde puede apreciarse que, en el año 2002, los graneles representan un 62,4% del tráfico total, la mercancía general el 34,1% y el 3,5% restante corresponde a pesca fresca, avituallamiento y tráfico total.

Los puertos españoles tienen una orientación más importadora que exportadora, como lo demuestra el hecho de que las mercancías desembarcadas representen un 70%, mientras que el 30% restante corresponde a la carga embarcada. En relación al tipo de navegación, el 22% es de cabotaje (fundamentalmente trayectos entre península y territorios insulares y movimientos interinsulares¹⁰) y el 78% es navegación exterior. De esta última, un 22% pertenece a la Unión Europea y un 78% al resto de países.

Del tráfico portuario total, un 34,7% es **granel líquido**, que en 2002 asciende a 126 millones de toneladas. Este tipo de granel está formado en su mayoría por productos petrolíferos, y en una proporción menor por productos químicos, gas natural, etc. En general, los puertos con refinería ocupan las primeras posiciones en tráfico de granel líquido, destacando el puerto Bahía de Algeciras que maneja un 15% del total nacional (véase gráfico 4.6).

**Gráfico 4.6. Granel líquido.
Principales autoridades portuarias, 2001-2002**



Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

Esta mercancía no ha sido muy dinámica en el periodo contemplado, registrando descensos en los primeros años (-1,8% anual acumulado entre 1990-1993) y un leve crecimiento en el resto. En el periodo completo, la tasa de crecimiento ha

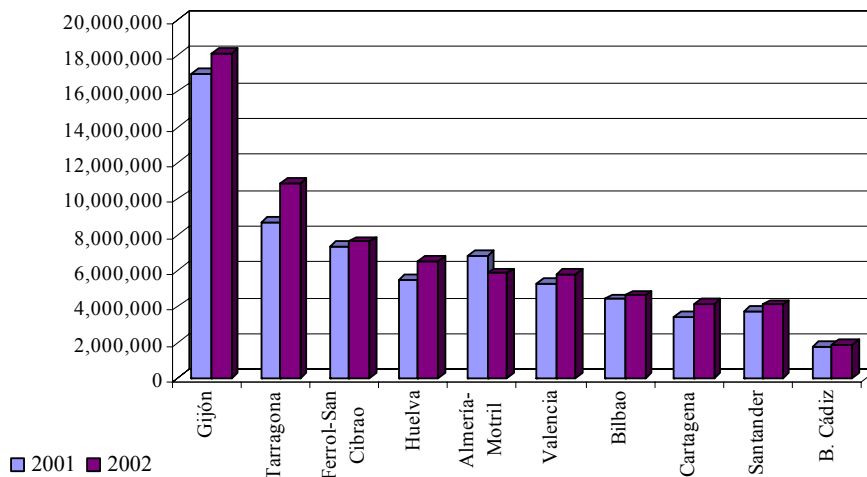
¹⁰ Los movimientos de mercancía entre diferentes puntos de la Península Ibérica se realizan mayoritariamente por vía terrestre (carretera o ferrocarril).

sido moderada (0,6% anual acumulado). Esta tendencia ha reducido el peso del granel líquido en el total de mercancías, que ha pasado de representar un 48,3% en 1990 a un 34,7% en 2002.

El **granel sólido** representa el 27,7% del tráfico total nacional. Se trata de minerales, cereales, áridos, etc. En 2002 se han movido 101 millones de toneladas, lo que supone un crecimiento del 8,5% respecto al año anterior. Esta mercancía ha mostrado un crecimiento sostenido en el periodo, más acentuado en los últimos 5 años, creciendo entre 1990 y 2002 al 4,5% anual acumulado.

Durante todo el periodo (véase gráfico 4.7), el puerto que ocupa la primera posición en granel sólido ha sido el Puerto de Gijón, al que en 2002 corresponde el 18% del granel sólido total, debido al movimiento de carbón que se deriva de la actividad minera.

**Gráfico 4.7. Granel sólido.
Principales autoridades portuarias, 2001-2002**



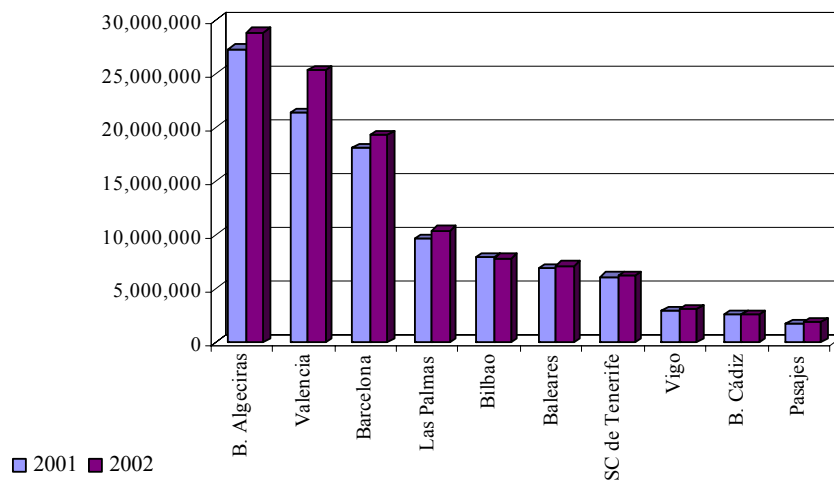
Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

La modalidad de carga más dinámica es la **mercancía general**. Si en 1990 los puertos españoles movían 50 millones de toneladas, en el año 2002 esta cifra se ha multiplicado por cinco, alcanzando los 126 millones de toneladas. En dicho periodo se registra una tasa anual acumulada del 7,9%.

En el gráfico 4.8 se ofrece información sobre los 10 primeros puertos en esta carga. El Puerto de Bahía de Algeciras es el que ocupa la primera posición en

movimiento de mercancía general a lo largo de todo el periodo. Si bien en 1990 la primera posición la compartían tres puertos (Bahía de Algeciras con un 14% del total y Barcelona y Valencia con un 13% cada uno), con el tiempo Bahía de Algeciras destaca cada vez más en esta modalidad de tráfico. En el año 2002 casi una cuarta parte del tráfico nacional de mercancía general pasa por la Bahía de Algeciras, le sigue Valencia (20% del total) y Barcelona (15%), puertos que, como se verá a continuación, son los primeros en tráfico de contenedores.

**Gráfico 4.8. Mercancía general.
Principales autoridades portuarias, 2001-2002**



Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

El desarrollo de la mercancía general se ha producido básicamente por el crecimiento de la **mercancía contenerizada** que se incluye en la carga general. Si en 1990 la cifra de contenedores, medida en TEU's, era de 2,4 millones, en el año 2002 se alcanzan 8 millones de TEU's. Cualquiera que sea la forma de medir el tráfico de contenedores se observa la misma tendencia: tanto las toneladas de mercancía contenerizada como el número de contenedores se han triplicado. Este comportamiento conduce a una tasa media de crecimiento anual del 10,5% en el periodo (véase tabla 4.2).

El tráfico de contenedores está muy concentrado: cuatro autoridades portuarias (Bahía de Algeciras, Valencia, Barcelona y Las Palmas) manejan más de las tres cuartas partes del total nacional, estando el 95% del tráfico repartido entre nueve puertos.

La tasa de contenerización media de los puertos españoles, medida como el porcentaje que la mercancía en contenedor representa sobre la mercancía general, ofrece una aproximación a la especialización de los puertos en este tráfico. Para el total de puertos, esta tasa ha pasado del 45% en 1990 al 65% en 2002, mostrando un crecimiento anual del 3%. En las autoridades portuarias de mayor tráfico de contenedores se alcanzan cifras aún mayores, por ejemplo en Bahía de Algeciras es del 88%.

La posición geoestratégica (unida a otros factores como la capacidad de las terminales, la calidad de los servicios, etc.), de los puertos de Algeciras y Las Palmas, en la ruta de flujos marítimos alrededor del mundo, les ha permitido posicionarse como puertos *hub*, es decir, como plataformas de trasbordo internacional de contenedores. El puerto de Algeciras, en el tráfico de contenedores, presenta una situación excepcional en España debido a la integración vertical entre una naviera y una terminal portuaria de carga y descarga de contenedores. En dicho puerto, la terminal de contenedores *Maersk* España, S.A. opera exclusivamente a los buques pertenecientes a la naviera *Maersk Sealand*, uno de los grupos más importantes del mundo, que ha situado en Algeciras una de sus bases de distribución en el Mediterráneo. Esto permite que se concentre en Algeciras el 65% de los contenedores en tránsito. Por otro lado, la participación del puerto de Las Palmas en este negocio es relativamente reciente y de menor entidad.

Tabla 4.2. Tráfico de contenedores en los principales puertos nacionales, 1990-2002

Autoridad Portuaria	Toneladas (miles)		Número (miles)		TEU's (miles)	
	1990	2002	1990	2002	1990	2002
B. Algeciras	4.920	25.404	354	1473	553	2.234
Alicante	342	996	37	92	40	135
Baleares	1.371	1.882	155	175	171	243
Barcelona	4.577	13.842	360	977	448	1.461
Bilbao	1.989	4.661	130	295	189	455
Las Palmas	2.025	7.200	194	550	217	759
S.C. Tenerife	1.424	3.106	135	275	150	400
Valencia	3.934	19.758	300	1.350	387	1.821
Vigo	529	1.584	44	93	67	159
Total nacional	23.037	82.015	1.882	5.571	2.433	8.096

Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

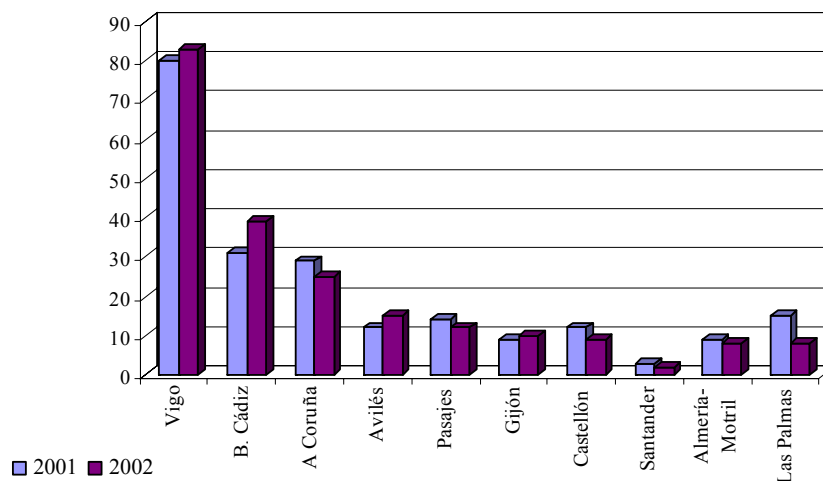
Los puertos de Valencia y Barcelona, por sus buenas conexiones terrestres y ferroviarias con el resto de la península, presentan grandes áreas de influencia. Esto les permite actuar más bien como grandes puertos de importación y exportación, es decir, son puertos *gateway* de encaminamiento terrestre.

De este modo, los puertos españoles, en relación al tráfico de contenedores, están muy bien situados a escala internacional, donde por países, España ocupa el lugar 11. Cinco puertos españoles se sitúan entre los 29 primeros de Europa en el año 2002; de ellos, Bahía de Algeciras ocupa la séptima posición. Este último junto a Barcelona y Valencia se sitúan, respectivamente, en las posiciones segunda, cuarta y quinta en los puertos europeos del Mediterráneo (Informa Maritime and Transport, 2002).

Las cifras expuestas permiten afirmar que los puertos españoles participan en la evolución internacional que siguen los contenedores. Varias razones explican este desarrollo, entre ellas la facilidad de manipulación de los contenedores hacen que se adapte y favorezca la función logística y multimodal que desempeñan los puertos, sobre todo en los últimos tiempos.

En el periodo analizado, la **pesca fresca** ha mostrado un comportamiento inestable, con moderados altibajos hasta 1999, cuando se produce de forma generalizada un acentuado descenso.

Gráfico 4.9. Pesca fresca.
Principales autoridades portuarias, 2001-2002



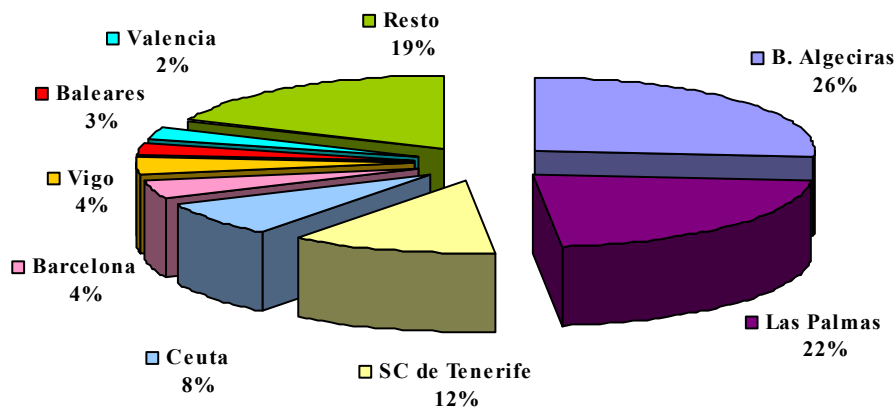
Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

La causa de esta evolución estriba, básicamente, en que, después de continuas restricciones para faenar en los caladeros marroquíes, en 1999 finalizó el acuerdo pesquero entre España y Marruecos. Este hecho afectó de manera muy acusada al puerto de Las Palmas (durante muchos años puerto nacional número uno en pesca fresca), que pasó de descargar 93 mil toneladas de pesca fresca 1999 a tan sólo cinco mil en el año siguiente. El resto de los puertos también se ve afectado, aunque con menor intensidad, debido al agotamiento de los caladeros y la consiguiente necesidad de ampliar los periodos de paro biológico.

En el periodo completo, para el total de puertos estatales, se asiste a una reducción del 5% anual, mucho más acentuada en el puerto de Las Palmas (23%). En la actualidad, las autoridades portuarias de Vigo, Bahía de Cádiz y A Coruña manejan más de la mitad de la pesca fresca descargada en los puertos estatales (véase gráfico 4.9).

El **avituellamiento** (aprovisionamiento de combustible, agua y hielo) se sitúa en 9 millones de toneladas en el año 2002, de modo que ha aumentado a una tasa anual del 1,4% entre los años 1990-2002 (tasa similar al incremento del número de buques). Dentro de estos suministros destacan los productos petrolíferos por ser los más cuantiosos, del orden del 60-70% del avituallamiento total.

**Gráfico 4.10. Avituallamiento.
Principales autoridades portuarias, 2002**

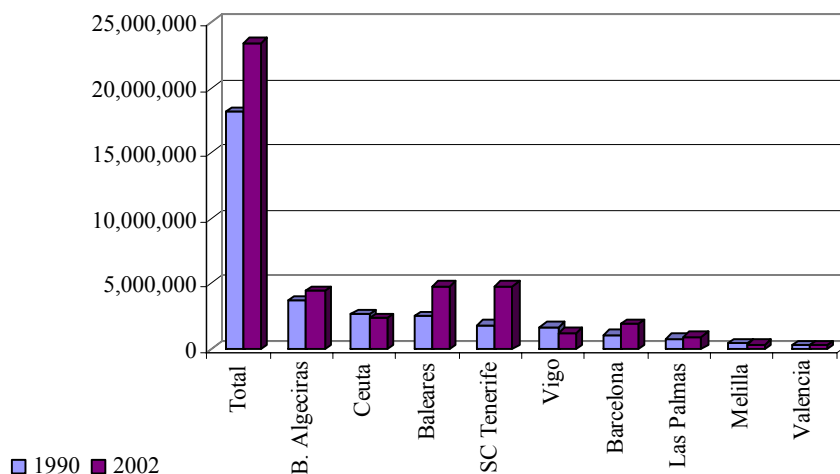


Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

En el gráfico 4.10 puede observarse que tres autoridades portuarias destacan en estos suministros con el 60% del total: Bahía de Algeciras, Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife (2,4, 2 y 1,1 millones de toneladas, respectivamente). La razón de la preponderancia de estos puertos es la existencia de refinerías en Algeciras y en Santa Cruz de Tenerife, y la posición histórica del Puerto de Las Palmas como suministrador de combustible a buques (primer puerto estatal en avituallamiento hasta el año 1993 y, desde entonces, segundo, siguiendo muy de cerca a Bahía de Algeciras).

Más de 23 millones de **pasajeros** han utilizado los puertos españoles de titularidad estatal en el año 2002. Dentro de esta cifra se incluyen tanto los pasajeros que han embarcado o desembarcado, como los que están en tránsito y los que hacen tráfico local. Desde el año 1990, el número de pasajeros se ha incrementado anualmente a una tasa del 2%.

Gráfico 4.11. Pasajeros.
Principales autoridades portuarias, 1990-2002



Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

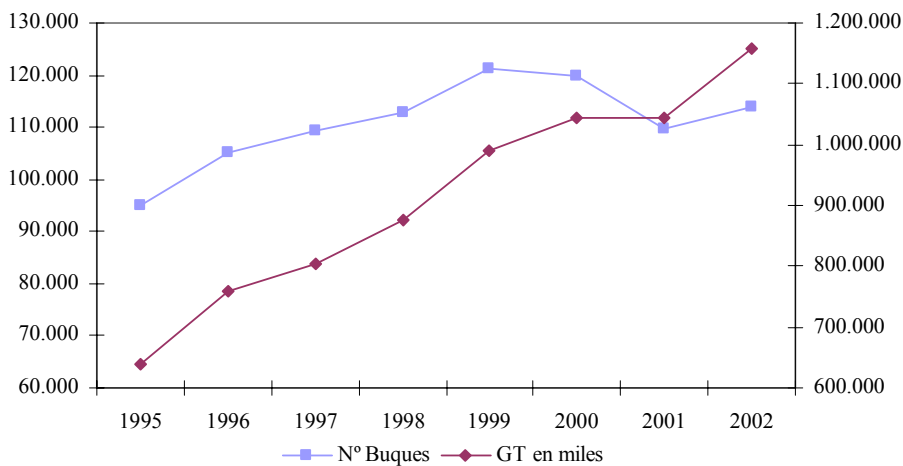
La cantidad de personas que utilizan el transporte marítimo para sus desplazamientos es reducida en comparación con las que se trasladan por vía aérea. Sin embargo, el transporte marítimo de pasajeros constituye una alternativa al aéreo en los movimientos interinsulares, en el tráfico del Estrecho de Gibraltar, en territorios de rías navegables, y en los cruceros.

De este modo, el tráfico de pasajeros se concentra en unos pocos puertos: el 60% de los pasajeros pasaron por tres autoridades portuarias: Santa Cruz de Tenerife,¹¹ Baleares y Bahía de Algeciras.

En el año 2002 hicieron escala en los puertos de interés general 114 mil **barcos**, que representan un arqueo de 1.160 millones de *GT*. A lo largo del periodo se ha producido un aumento del tamaño medio de los buques, que ha pasado de 6.710 *GT* en 1995 a 10.182 *GT* en 2002. Por esta razón, el número de barcos ha crecido a una tasa del 1,3% anual, mientras que su arqueo lo ha hecho al 7,9% anual. Estos diferentes ritmos de crecimiento se derivan de los cambios tecnológicos que ha experimentado la industria naval.

En el gráfico 4.12 se presenta la evolución de los buques entre los años 1995 y 2002. En el eje de la izquierda del gráfico se mide el número de barcos, en tanto que en el eje de la derecha se computa el arqueo de los mismos.

Gráfico 4.12. Tráfico de buques (número y miles de *GT*). Sistema portuario estatal, 1995-2002



Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

¹¹ Gran parte de los pasajeros que pasan por el Puerto de Santa Cruz de Tenerife tienen su destino o proceden de la isla de Gran Canaria. Sin embargo, éstos no están contabilizados en el Puerto de Las Palmas porque utilizan mayoritariamente el Puerto de Agaete, que es competencia de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Los puertos con más barcos, medidos por su arqueo, son aquellos que destacan en tráfico de productos petrolíferos, en contenedores y en cruceros internacionales de pasajeros. De este modo, en cuatro autoridades portuarias (Bahía de Algeciras, Barcelona, Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas) hacen su escala más de la mitad de los barcos que visitan los puertos de interés general.

4.5. Resumen y conclusiones

Los puertos españoles son de tamaño muy variado y su estructura de actividad es muy diferente. Gran parte de los tráficos se concentra en pocos puertos. Así, en 10 puertos se concentra el 75% del tráfico total, el 92% del granel líquido, el 96% de la mercancía transportada en contenedor, el 85% del avituallamiento, o el 80% de los buques. En términos de tráfico portuario total, estos 10 puertos son los siguientes: Bahía de Algeciras, Valencia, Barcelona, Tarragona, Bilbao, Cartagena, Gijón, Las Palmas, Huelva, Santa Cruz de Tenerife. De estos puertos, siete comparten la característica de ser los principales puertos en tráfico de contenedores; los otros tres son puertos que cuentan con refinería.

El sistema portuario de titularidad estatal ha alcanzado el objetivo de autofinanciación, como lo demuestra el hecho de que en el periodo analizado los resultados de explotación arrojan un signo positivo, y no han dejado de crecer desde 1997. Esta evolución obedece a una política de contención de gastos y a un incremento de actividad comercial de los puertos que ha permitido aumentar los ingresos, pese al esfuerzo por no aumentar las tarifas.

El resultado anterior ha permitido que las inversiones acometidas en el periodo analizado, se hayan financiado en su mayoría con los fondos generados por el sistema. Entre las fuentes de financiación externas destacan los fondos procedentes de la Unión Europea (15% de la financiación total).

Al igual que sucede con los ingresos, las inversiones portuarias presentan un alto grado de concentración (10 puertos reciben alrededor del 70% de la inversión). La mayor parte de estas inversiones se dirige a financiar obras de infraestructura y de capacidad.

Un crecimiento del tráfico total del 3,4% anual permite afirmar que los puertos estatales han sido muy dinámicos. Esta evolución ha sido propiciada fundamentalmente por el tráfico de contenedores, que casi ha duplicado la tasa de crecimiento del PIB en la década 1992-2002. Se trata de un tráfico muy

concentrado: cuatro autoridades portuarias manejan más del 75% del tráfico nacional de contenedores.

En este tipo de tráfico, los puertos españoles están bien situados tanto a escala internacional (donde en 2002 España ha ocupado el lugar 11), como a nivel europeo (donde en el mismo año cinco puertos españoles se han situado entre los 29 primeros). En relación a los puertos del Mediterráneo, Bahía de Algeciras, Barcelona y Valencia ocupan las posiciones segunda, cuarta y quinta, respectivamente.

A pesar de la importancia creciente de la carga contenerizada (la tasa de contenerización ha aumentado 20 puntos porcentuales en el periodo) no se trata de la mercancía más cuantiosa, característica que ostenta el granel líquido, con una participación del 34% en el tráfico portuario total.

Los productos petrolíferos constituyen el principal componente del granel líquido, por lo que, en general, los puertos con refinería ocupan las primeras posiciones en esta modalidad de mercancía que, a pesar de ser la de mayor cuota, no es la más dinámica.

La vitalidad de los puertos españoles también se manifiesta en el tráfico de pasajeros, que desde el año 1990 ha crecido a una tasa anual del 2% y en el movimiento de buques, experimentándose un incremento del 7,9% en el arqueo de los mismos desde 1995. En ambos casos también se aprecia una elevada concentración. El 60% de los pasajeros han pasado por tres autoridades portuarias: Santa Cruz de Tenerife, Baleares y Bahía de Algeciras y más de la mitad de los barcos han hecho escala en las autoridades portuarias de Bahía de Algeciras, Barcelona, Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas.

PARTE III
EFICIENCIA PORTUARIA

Capítulo 5

Funciones frontera y medida de la eficiencia

5.1. Introducción

La mayoría de los textos de microeconomía presentan a los productores como agentes económicos que tienen éxito al abordar un determinado comportamiento optimizador. Un supuesto habitual es que las empresas obtienen la mayor producción posible, dados los recursos que se encuentran a su disposición y el estado de la tecnología. También se considera que las empresas alcanzan el volumen de producción deseado al menor coste posible, dado un cierto conocimiento tecnológico y unos precios de los factores productivos. Junto a las suposiciones anteriores, suele admitirse además que las empresas maximizan el beneficio (lo que a su vez requiere aceptar que éstas además de minimizar costes, maximizan ingresos), dada la tecnología y los precios de los bienes y servicios que producen y los precios de los factores productivos que emplean.

En lo que a la tecnología de la producción se refiere, los supuestos anteriores se traducen en la consideración de que la función de producción muestra la máxima cantidad de producto que puede obtenerse de unas cantidades determinadas de factores.¹² Esta definición implica que la función de producción establece un límite al nivel de producto que se puede obtener. Sin embargo, frente a esta noción teórica, tradicionalmente las funciones de producción se han estimado utilizando técnicas econométricas que, al permitir que los residuos alcancen tanto valores positivos como negativos, lo que estiman es el producto medio (no el máximo) dado un conjunto de factores.

Se produce así una divergencia entre la teoría y la práctica, cuya reconciliación surge del avance de las técnicas de estimación que, utilizando enfoques muy diversos, construyen fronteras que envuelven los datos. Siguiendo esta idea, se desarrolla una literatura sobre la medida de la eficiencia que hace especial

¹² De igual modo, la función de coste proporciona el coste mínimo al que se puede obtener un determinado nivel de producto, dados los precios de los factores; la función de ingresos muestra el máximo ingreso alcanzable, dados unos factores y los precios de los productos; y la función de beneficio ofrece el máximo beneficio que se puede alcanzar, dados los precios de los factores y de los productos.

mención al concepto de producción máxima y, de esta manera, surge la denominación de función frontera de producción. De este modo, el análisis econométrico evoluciona hacia nuevas técnicas que permiten estimar funciones de producción que, más que pasar por en medio de los datos, los envuelven creando una frontera.

Si bien la teoría económica ha supuesto que los agentes económicos tienen éxito en la obtención de sus objetivos, es decir, se considera que son eficientes, lo cierto es que la práctica empresarial y el trabajo empírico han puesto de manifiesto que, a pesar de que estos agentes tratan de alcanzar los objetivos expuestos, no siempre lo logran.

Ante esta posibilidad surge el interés por obtener una evaluación de la diferencia entre lo que las empresas producen y lo que podrían haber producido, es decir, en cuantificar su ineficiencia. Esta tarea puede abordarse midiendo la distancia que separa a estas empresas de la producción máxima (no de la producción media). Para hacer frente a esta posibilidad se desarrolla un nuevo marco analítico que, partiendo del reconocimiento de la conducta optimizadora de los productores, admite que éstos no siempre tengan éxito en sus logros. Los nuevos métodos de estimación deben recoger la posibilidad de diferentes niveles de éxito o fracaso entre los productores, o incluso dar cabida a variables que expliquen el motivo de ese fracaso.

Varias razones explican la posibilidad de que las empresas operen de forma ineficiente. En el ámbito de empresas competitivas, la ineficiencia podría estar relacionada con problemas de gestión empresarial o de desmotivación de los trabajadores. En el marco de los monopolios el razonamiento más obvio es que la ausencia de la disciplina que impone la competencia, conduce a los monopolistas a no tener incentivos a minimizar costes como lo harían las empresas que compiten en el mercado. Con la idea de replicar los resultados del mercado se introducen diferentes mecanismos de regulación, cuyo objetivo es generar incentivos para que las empresas minimicen sus costes.

La nueva teoría de la regulación, introducida por Laffont y Tirole (1993), demuestra que debido a la existencia de información asimétrica entre el organismo regulador y la empresa regulada, algunos sistemas de regulación, como la tasa de retorno, pueden llevar a que la empresa no tenga incentivos a reducir costes. De esta manera, cualquier incremento de los costes se traslada a los consumidores en forma de aumentos en las tarifas, de forma que la empresa siempre tiene garantizada una tasa de retorno.

Por este motivo, es importante introducir en el esquema regulatorio incentivos apropiados para alcanzar los objetivos deseados por el regulador. Los sistemas de regulación por incentivos tratan de resolver este problema. Un ejemplo es el denominado *price-cap*, donde la tarifa se fija para un periodo, generalmente entre 4 ó 5 años, sin que haya revisiones dentro del mismo. Durante dicho periodo, cualquier mejora que la empresa obtenga en sus costes pasa directamente a la función de beneficios de la empresa, generando así el incentivo económico. Acabado el período, la tarifa se suele revisar, con el objetivo de que parte de las rentas generadas por la empresa pasen a los consumidores (por ejemplo a través del sistema denominado *RPI-X*, donde los precios se revisan según un índice del coste de la vida y se reducen en una cuantía *X*, que trata de reflejar parte de las ganancias de eficiencia del período).

Otra cuestión que puede explicar la ineficiencia de las empresas se basa en la relación principal-agente, que introduce costes de agencia, nuevamente motivados por una asimetría de información entre ambos. Tirole (1992) afirma que la superioridad de los gerentes (agente) en términos de información y la dificultad de los accionistas (principal) para supervisar convenientemente la actividad de los primeros, lleva a que las empresas no sigan un comportamiento maximizador de beneficios.

Cuando la competencia en los mercados no es factible, Shleifer (1985) plantea fomentarla efectuando comparaciones (*yardstick competition*) con otras empresas similares. La idea es comparar los costes del monopolista con los de esas empresas y fijar una tarifa que tenga en cuenta un promedio de los costes de todas las empresas. De esta manera, se generan incentivos para reducir los mismos por debajo de esa media.

Este capítulo no pretende ser una revisión exhaustiva de todos los conceptos, modelos y técnicas de estimación relacionados con la medida de la eficiencia y con la estimación de fronteras tecnológicas. Más bien, se trata de ofrecer una descripción de los aspectos teóricos más relevantes para ilustrar la aplicación empírica que se expone en el capítulo 7.

Muchos trabajos han servido de guía en la realización de este capítulo, entre los cuales se encuentran las excelentes revisiones efectuadas por los autores siguientes: Førsund, Lovell y Schmidt (1980), Schmidt (1985-86), Bauer (1990), Battese (1992), Fried, Lovell y Schmidt (1993), Färe, Grosskopf y Lovell (1994), Coelli (1995-a), Pesaran y Schmidt (1997), Coelli, Prasada Rao y Battese (1998), Kalirajan y Shand (1999), Kumbhakar y Lovell (2000) y Álvarez

(2001). En estos trabajos se puede encontrar una exposición más amplia de los modelos teóricos y de las técnicas de estimación.

El resto de este capítulo se desarrolla de la siguiente forma. En el apartado 5.2 se definen los conceptos de eficiencia y productividad. Los antecedentes de la medida de la eficiencia se presentan en la sección 5.3. La noción de función frontera se expone en la sección 5.4 y los diferentes enfoques (paramétrico y no paramétrico) que permiten estimar dichas fronteras se exponen en la sección 5.5. En el apartado 5.6 se detalla la metodología que emplean las fronteras estocásticas. La función de distancia, como método a aplicar a actividades multiproductivas, se presenta en la sección 5.7. El capítulo finaliza con un apartado de resumen y conclusiones.

5.2. Eficiencia y productividad

La medida de la eficiencia es un concepto directamente relacionado con la medida de la productividad. Sin embargo, no se trata de nociones análogas, aunque pueden encontrarse trabajos en los que se emplean como sinónimos, principalmente cuando el interés de las investigaciones se centra en comparar el rendimiento de las empresas.

La idea que sustenta el uso de ambos conceptos de forma análoga es que una empresa presenta un comportamiento positivo, de mejora de su rendimiento, cuanto mayor sea su eficiencia y su productividad, esto es, cuanto más eficiente y productiva sea. Al mismo tiempo, el hecho de que los cambios en la productividad se deben, entre otros factores (como puede ser cambios en la escala o cambio técnico) a cambios en la eficiencia, puede haber influido en la consideración de la eficiencia y la productividad como términos equivalentes.

La literatura que utilizó eficiencia y productividad de manera equivalente parte de aproximar la medición de la eficiencia de las empresas utilizando indicadores parciales de productividad, que son ratios entre el producto y un factor. Estos indicadores han sido utilizados durante mucho tiempo por la literatura económica, pero han sido los gestores, tanto de empresas privadas como públicas, quienes los han aplicado con mayor profusión. Como ejemplo cabe citar la productividad media del trabajo, que ha sido el indicador por excelencia empleado para medir la eficiencia de una unidad productiva.

En ocasiones políticos y gerentes (sobre todo en el sector público) han mostrado su deseo de aumentar tal productividad. Sin embargo, esta conducta puede

ocasionar consecuencias negativas, por ejemplo la sobrecapitalización, ya que una manera sencilla de mejorar la productividad del trabajo es utilizar más maquinaria. Como puede apreciarse, se trata de una medida inapropiada, pues no tiene en cuenta la existencia de otros factores que también se emplean en la obtención del producto y las relaciones de sustitución que se establecen entre los factores productivos.

En definitiva, los indicadores parciales constituyen representaciones útiles, pues permiten describir de manera sencilla el sector donde actúan las empresas que están siendo estudiadas, y necesarias, en sectores donde es difícil obtener información para describir las variables relevantes. Sin embargo, para evaluar empresas que producen más de un bien empleando varios factores, es preciso realizar un análisis más completo, que tenga en cuenta la contribución conjunta de todos los factores a la producción. En estas circunstancias el enfoque de los indicadores parciales pierde validez ya que, entre otros aspectos, puede confundir la mejora de un indicador debida a un proceso de sustitución entre factores con una mejora en la productividad.

La respuesta a esta cuestión la ofrece la productividad total de los factores, que se define como el ratio de alguna función que agrega los productos y de alguna función que agrega los factores. En estas circunstancias es necesario elegir esa función que, bajo el enfoque de los números índices, debe reflejar un conjunto de propiedades matemáticas o, alternativamente, debe apoyarse en la teoría económica para reflejar las características de la tecnología (Orea, 2001). Dos aplicaciones fundamentales se derivan del cálculo de la productividad. En primer lugar, obtener una evolución temporal de la misma y, en segundo lugar, descomponer el crecimiento de la productividad en sus principales factores determinantes,¹³ donde los cambios en la eficiencia juegan un papel relevante.

La eficiencia en la producción descansa en la comparación de la actuación real de una empresa con una actuación óptima, es decir, surge de la comparación de los valores observados de productos y factores con los valores óptimos de los mismos.¹⁴ Ese óptimo que la empresa podría alcanzar surge de la evidencia sobre el óptimo alcanzado por otras empresas.

¹³ Esto requiere, además de disponer de un panel de datos, estimar una frontera de producción o costes.

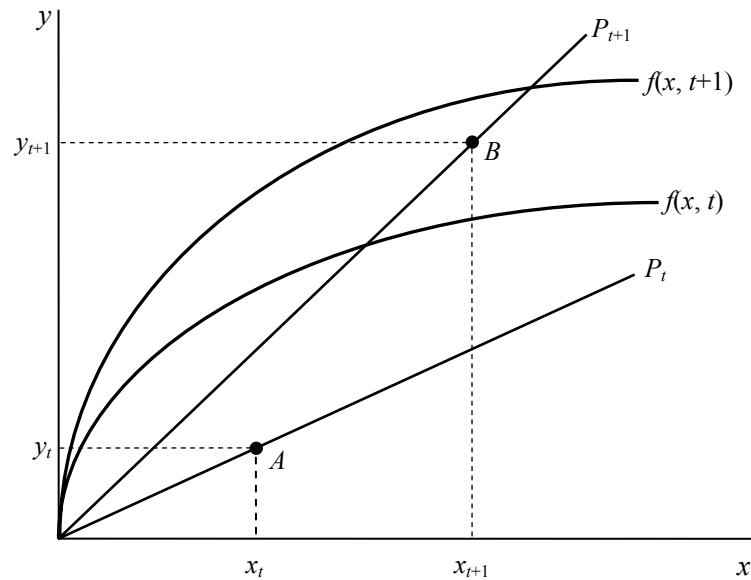
¹⁴ También puede definirse la eficiencia en relación a algún objetivo económico, como se verá posteriormente.

Así pues, una primera diferencia que cabe apreciar entre eficiencia y productividad es que mientras el estudio de esta última se centra fundamentalmente en cambios de esa magnitud en el tiempo, el análisis de la eficiencia hace especial referencia a cambios transversales, es decir, a comparaciones entre empresas (Pesaran y Schmidt, 1997).

El siguiente ejemplo, aplicado a la industria portuaria, sirve para clarificar la distinción entre eficiencia y productividad. Supóngase una frontera de producción que define la tecnología de la industria portuaria. Los puertos eficientes se situarán sobre la frontera y los ineficientes por debajo de ella. La productividad en el sector portuario puede mejorar, al menos, por dos vías. La primera, requiere introducir progreso técnico¹⁵ en el sector, por ejemplo, a través de nuevos equipos y modos de manipulación de mercancías (contenedores, grúas, etc.). Este hecho se traducirá en un desplazamiento de la frontera hacia arriba. La segunda, consiste en introducir mayor grado de eficiencia en la industria, por ejemplo, mejorando la cualificación de la mano de obra (estibadores o trabajadores portuarios encargados de conducir las grúas especializadas), de manera que puedan emplear equipos mecánicos altamente sofisticados de forma más eficiente. En este caso, se producirá un acercamiento hacia la frontera de los puertos que anteriormente se calificaron como ineficientes y que han mejorado su eficiencia a través de la formación. Puede apreciarse que tanto una mejora tecnológica como un aumento de la eficiencia se traducirán en mayor productividad.

La situación anterior se expone en el gráfico 5.1. En el momento inicial (t), la frontera está definida por la función $f(x,t)$ y la empresa se encuentra en la situación A , operando con una productividad P_t . En el periodo siguiente ($t+1$), la empresa operará en el punto B , debido a un aumento en la productividad (P_{t+1}) que, a su vez, está ocasionado por un cambio técnico (desplazamiento de la frontera hasta $f(x, t+1)$) y por una mejora de la eficiencia técnica (acercamiento de la empresa a la frontera: la distancia del punto A a la frontera en t es mayor que la distancia de B a la frontera en $t+1$).

¹⁵ Dos hechos han supuesto una gran “revolución” tecnológica en las industrias marítima y portuaria: el aumento en el tamaño de los buques y la contenerización de la carga.

Gráfico 5.1. Cambio en la productividad: cambio en la eficiencia y cambio técnico

5.3. Medida de la eficiencia: antecedentes

Antes de proceder a la exposición de los trabajos pioneros en la medición de la eficiencia es preciso destacar algunas características de la misma. En primer lugar, se trata de un concepto relativo. Es decir, la eficiencia de una empresa se mide en relación a la frontera, que es definida por el conjunto de empresas. Esto significa que cualquier cambio en el conjunto de empresas analizadas, supondrá una variación de la eficiencia calculada. De este modo, una empresa que en un entorno nacional se muestra altamente eficiente, podría serlo mucho menos si se la considera en un marco internacional.

En segundo lugar, para medir con precisión la eficiencia de una empresa es preciso tener en cuenta todos los factores productivos que ésta utiliza para obtener el bien o servicio producido. En caso contrario, se obtendrán estimaciones incorrectas de la eficiencia. Así, la omisión de un factor empleado intensamente por una empresa, dará lugar a una valoración al alza de su nivel de ineficiencia.

Por último, la mayoría de las técnicas que miden eficiencia comparan empresas que utilizan factores productivos en las mismas proporciones, lo que da origen a medidas radiales de la eficiencia. Aunque algunos autores insisten en que no existe razón para imponer medidas radiales y defienden el uso de medidas que permiten reducciones de inputs en proporciones diferentes, lo cierto es que la radialidad es el enfoque más empleado para evaluar la eficiencia.

Otra cuestión que es preciso definir es qué se entiende por eficiencia. La eficiencia en la producción tiene dos componentes: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa (Lovell, 1993).

La eficiencia técnica, que tiene una dimensión física, se refiere a la capacidad de las empresas para obtener el máximo producto con los recursos que se encuentran a su disposición o, alternativamente, la habilidad con que aquéllas utilizan la menor cantidad posible de factores para alcanzar un determinado nivel de producción. Por tanto, para medir la eficiencia técnica existe una doble aproximación: orientación al output y orientación al input. La primera refleja cuanto puede aumentar una empresa su producción a partir de una dotación dada de factores productivos. La segunda consiste en averiguar en qué cuantía una empresa puede reducir el uso de factores para obtener un nivel dado de producción.

La eficiencia asignativa, tiene una dimensión económica, y se refiere a la facultad de combinar los inputs en las proporciones adecuadas, dados sus precios y la tecnología de la producción. Ambos componentes proporcionan una medida de la eficiencia económica total.

La literatura sobre la eficiencia técnica tiene su origen en los primeros años de la década de los 50. La primera definición formal de la eficiencia técnica se debe a Koopmans (1951), quien afirma que un productor es técnicamente eficiente si es imposible obtener más cantidad de al menos un producto sin producir menos cantidad de los otros productos o sin utilizar más cantidad de al menos un factor. Posteriormente, Debreu (1951) y Shephard (1953) proponen una medida de la eficiencia técnica que difiere en la orientación, utilizando el primero la orientación output y el segundo una orientación input. En ambos casos la medida propuesta es radial.

A pesar de la relevancia teórica de los trabajos anteriores, en ninguno de ellos se procedió a cuantificar la eficiencia técnica. Esta tarea llega con el trabajo de Farrell (1957), que es considerado como el precursor en la medida de la

eficiencia técnica. Su propuesta se basa en supuestos muy simples:¹⁶ empresas que utilizan dos factores productivos para obtener un producto único y una tecnología caracterizada por rendimientos constantes a escala.

Farrell (1957) parte de la consideración de que cuando se habla de eficiencia de una empresa se está haciendo alusión a la capacidad de obtener el nivel más elevado de producción posible a partir de un conjunto determinado de factores productivos. Define, apoyándose en el gráfico 5.2, tres conceptos de eficiencia, que califica como: eficiencia técnica, eficiencia en precios y eficiencia global, conceptos que se construyen bajo el supuesto de que se conoce lo que Farrell denomina una función de producción eficiente.

Con el tiempo, la literatura académica acuñó diferentes denominaciones a los conceptos establecidos inicialmente por Farrell (excepto la eficiencia técnica que se ha mantenido como tal). Concretamente, la eficiencia en precios suele conocerse como eficiencia asignativa, la eficiencia global como eficiencia económica y la función de producción eficiente se ha denominado de función frontera de producción (o más sencillamente frontera de producción). A pesar del cambio de denominación, la medida de Farrell continúa siendo la más aceptada y utilizada.

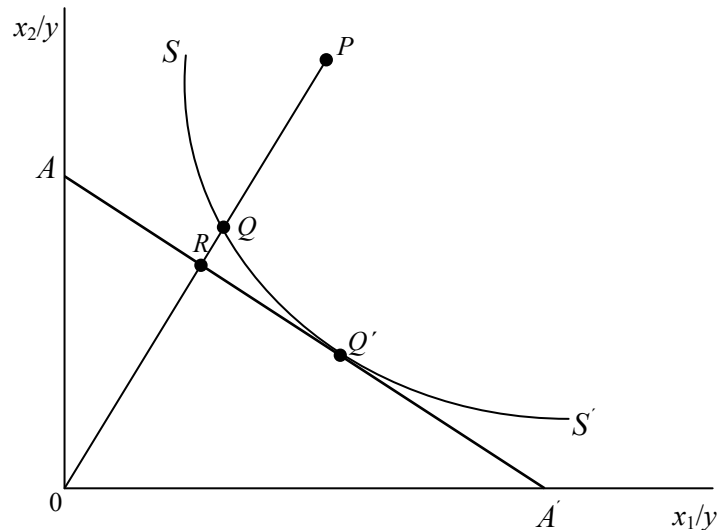
Los conceptos de eficiencia se muestran en el gráfico 5.2. Sea $y = f(x_1, x_2)$ la función de producción eficiente, donde x_1 y x_2 denotan los dos factores productivos empleados en la obtención del producto y . El supuesto de rendimientos constantes a escala permite caracterizar la función de producción eficiente a través de la isocuanta unitaria $1 = f(x_1/y, x_2/y)$ (curva SS' en el gráfico 5.2).

Supóngase que una empresa utiliza las cantidades de factores x_1^* , x_2^* representadas por el punto P para obtener una unidad de producto y^* . Puede observarse que el punto Q representa una empresa eficiente que utiliza la misma proporción de factores que P . Así pues, es posible producir la misma cantidad que P utilizando solamente la fracción OQ/OP de factores. Dicho ratio, que mide la proporción de inputs que es realmente necesaria, se convierte en una

¹⁶ Estos supuestos son relajados posteriormente para permitir mayor generalidad. Farrell discute también la generalización de su modelo para considerar múltiples productos y factores, así como rendimientos variables de escala.

medida de la eficiencia técnica de la empresa P .¹⁷ Este ratio toma valores comprendidos entre uno, si la empresa es eficiente, y cero en caso contrario, indicando los valores inferiores a uno el grado de eficiencia técnica de la empresa.

Gráfico 5.2. Eficiencia técnica y asignativa (Farrell, 1957)



El punto Q representa, como se ha expuesto, una empresa eficiente técnicamente, y el punto Q' también. La diferencia entre ambos surge cuando se tienen en cuenta los precios de los factores productivos. Considérese la recta isocoste AA' , cuya pendiente es igual al ratio de los precios de los factores. En esta nueva situación Q' es el método de producción óptimo. Es decir, aunque ambos puntos representan plena eficiencia técnica, dados los precios de los inputs, el coste de producción solamente se minimiza en el punto Q' . Teniendo en cuenta que el coste en R es el mismo que en Q' se define la eficiencia asignativa¹⁸ (eficiencia en precios en la terminología de Farrell) como el ratio

¹⁷ Alternativamente, $1-OQ/OP$ mide la ineficiencia técnica, es decir, la proporción por la cual los factores podrían reducirse (manteniendo constante la tasa x_1/x_2) sin que disminuya el nivel de producción.

¹⁸ A la inversa se define la ineficiencia asignativa ($1-OR/OQ$), que muestra la posible reducción de los costes que se obtendría si se usaran los inputs en la proporción correcta.

OR/OQ . Un valor de este cociente igual a 1 indica eficiencia asignativa, mientras que los valores inferiores a la unidad informan del grado de eficiencia asignativa alcanzado por la empresa.

Resulta interesante comparar la eficiencia técnica y asignativa de las empresas representadas por los puntos P y Q . La primera es ineficiente desde el punto de vista técnico, en tanto que la segunda es eficiente técnicamente; sin embargo ambas presentan el mismo grado de ineficiencia asignativa. Esto se debe a que para calcular la eficiencia asignativa es preciso eliminar previamente el componente de ineficiencia técnica.

Por último, si la empresa observada fuera eficiente, tanto desde el punto de vista técnico, como en relación a los precios de los factores, sus costes serían una proporción OR/OP de lo que en realidad son. Este ratio recibe el nombre de eficiencia económica total¹⁹ y puede obtenerse como el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

Las medidas de eficiencia expuestas son radiales y están orientadas a los inputs, es decir, para un cierto nivel de producción, plantean reducciones equiproporcionales de los factores productivos como vía de mejora de la eficiencia.

La función de producción eficiente no es observable; para definirla Farrell opta, frente a la consideración ingenieril del mejor resultado alcanzable teóricamente,²⁰ por el concepto empírico del mejor resultado observado en la práctica. De este modo, propone estimar matemáticamente la función partiendo de dos supuestos que debe cumplir: que sea convexa al origen y que no tenga pendiente positiva, sin exigir ningún otro requisito sobre la forma de la función.

De las modalidades de eficiencia descritas, Farrell considera que desde el punto de vista del gerente de una empresa tiene más interés práctico la eficiencia técnica que la eficiencia asignativa. Esto es así porque la eficiencia técnica le

¹⁹ La ineficiencia económica total, que mide la posible reducción en costes que experimenta una empresa cuando se mueve de un punto P a otro punto Q' , se define como $1-OR/OP$.

²⁰ Aunque Farrell (1957) considera que el método ingenieril es apropiado para medir la eficiencia de las máquinas o procesos industriales, lo rechaza cuando se pretende emplear para medir la eficiencia de organizaciones económicas complejas.

ofrece información acerca de cómo mejorar los resultados, simplemente enmendando la gestión, mientras que la eficiencia asignativa indica la ganancia que puede obtenerse variando la combinación de factores, bajo ciertos supuestos sobre la estructura de precios de los mismos.

5.4. Funciones frontera

La medida de la eficiencia está ineludiblemente unida a la estimación de una frontera, ya que para estimar la eficiencia de una unidad productiva es preciso contar con un estándar con el que realizar la evaluación. Por ejemplo, para afirmar que un puerto, con los medios que se encuentran a su disposición (trabajadores, infraestructura, elementos mecánicos, etc.), puede incrementar el número de barcos atendidos en un 20%, es preciso conocer con anterioridad la referencia usada para medir el 100%.

Surge así el empleo de las fronteras tecnológicas para calcular medidas de eficiencia individuales. Una vez que se ha estimado la frontera, la eficiencia muestra cómo se comporta la empresa en relación con el rendimiento de las mejores empresas de la industria, si éstas se enfrentaran con las mismas condiciones que la empresa analizada.

La utilización de modelos de frontera se ha extendido considerablemente en los últimos años, aplicándose a innumerables sectores productivos en multitud de países. Varias razones justifican este desarrollo entre las cuales, siguiendo a Bauer (1990), pueden destacarse las siguientes. En primer lugar, el concepto de frontera es consistente con la teoría económica del comportamiento optimizador de las empresas. En segundo lugar, las desviaciones de la frontera pueden interpretarse directamente como una medida de la eficiencia con la que las empresas consiguen sus objetivos. Por otra parte, la evaluación de la eficiencia permite efectuar comparaciones entre las empresas y, en aquellas circunstancias en que se identifique ineficiencia, analizar las causas que la determinan. Por último, la información que proporcionan las fronteras en términos de eficiencia relativa de las empresas tiene importantes aplicaciones políticas y son de gran valor para los reguladores y gestores. En este sentido, una vez conocidos los factores que ocasionan ineficiencia es posible instaurar medidas que corrijan la situación y permitan incrementar los niveles de eficiencia.

Los modelos de frontera pueden clasificarse en función de múltiples criterios. Atendiendo al tipo de datos que usan, existen modelos de corte transversal o de datos de panel. En función de la clase de variables empleadas puede distinguirse

entre modelos que solamente usan datos físicos (en cuyo caso sólo se puede obtener una medida de la eficiencia técnica), y aquéllos que emplean datos físicos y precios (que permiten el cálculo de la eficiencia económica y su descomposición, en eficiencia técnica y asignativa). Según el método de estimación cabe diferenciar dos grandes categorías, las fronteras estimadas mediante programación lineal y las que emplean métodos econométricos. También puede definirse la frontera asumiendo una forma funcional particular para la tecnología o a partir de una serie de propiedades que debe satisfacer, lo que da origen a distinguir entre métodos paramétricos y no paramétricos, respectivamente. Teniendo en cuenta la causa que origina la separación de la frontera, éstas se clasifican en deterministas y estocásticas. Por último, dentro del enfoque econométrico cabe establecer una distinción en función del número de ecuaciones del modelo (uniecuaionales, o sistemas de varias ecuaciones).

Durante mucho tiempo, los modelos más usados en las aplicaciones empíricas han incluido una ecuación y han empleado datos de corte transversal. Sin embargo, en la actualidad predominan los estudios que incorporan datos de panel. Como en estos modelos cada empresa es observada más de una vez, permiten obtener una evidencia más fiable de la eficiencia empresarial.

Atendiendo al tipo de variables empleadas, y en función de las hipótesis que puedan asumirse sobre el comportamiento optimizador de las empresas, cabe distinguir diferentes modalidades de frontera (véase tabla 5.1). El supuesto más elemental que se puede realizar sobre los objetivos de las empresas es de carácter técnico y se refiere a que éstas no malgastan los recursos productivos. En este caso, se estimará una frontera de producción, que permitirá obtener una evaluación de la eficiencia técnica.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, las características de las empresas permiten efectuar supuestos económicos sobre su comportamiento. En estas situaciones, deben establecerse modelos económicos de comportamiento del productor, basados en variables económicas, tales como precios, costes, ingresos o beneficios.

Si se cree que la empresa trata de minimizar el coste de obtener un determinado nivel de producción, dados los precios de los factores y la tecnología, se estimará una frontera de costes, de la que puede obtenerse el grado de eficiencia económica en costes. Si el objetivo de la empresa es maximizar el ingreso generado por un determinado conjunto de inputs, dado el precio del producto y la tecnología, debe estimarse una frontera de ingreso, en cuyo caso se medirá la eficiencia económica en ingreso. Por último, el supuesto más fuerte de todos, ya

que requiere el cumplimiento de los anteriores, es admitir que el objetivo de la empresa es alcanzar el máximo beneficio, dados unos precios de productos y de factores y la tecnología. En este último caso, conviene estimar una frontera de beneficio, a partir de la cual se podrá evaluar la eficiencia económica en beneficio de la empresa.

Tabla 5.1. Tipología de función frontera y de eficiencia

Supuesto optimizador	Tipo de frontera	Tipo de eficiencia
Máxima producción	Producción	Eficiencia técnica
Mínimo coste	Coste	Eficiencia económica en coste
Máximo ingreso	Ingreso	Eficiencia económica en ingreso
Máximo beneficio	Beneficio	Eficiencia económica en beneficio

La elección del modelo de frontera dependerá de la conducta sobre los productores más apropiada al caso de estudio y, en muchos casos, la decisión también estará condicionada por el tipo de datos disponible.

Por ejemplo, si sólo se dispone de datos sobre niveles de producción y de factores, habrá que estimar una frontera de producción (o, como se verá en el apartado 5.7, una función de distancia). Pero si se cuenta además con datos de precios de los factores y del gasto incurrido en ellos, se podrá estimar una frontera de coste.

En el análisis empírico de las fronteras paramétricas predomina la estimación de fronteras de producción y de costes. La elección entre una y otra dependerá básicamente de la naturaleza del sector a estudiar. Por ejemplo, los servicios públicos regulados suelen caracterizarse porque las empresas están obligadas a prestar el servicio (el producto es exógeno) a unas tarifas determinadas. Puesto que las empresas tienen que satisfacer la demanda maximizarán su beneficio minimizando los costes de producción. En estos casos es preferible especificar la frontera tecnológica a partir de una función de coste (Färe y Primont, 1995). Dos ventajas adicionales presentan estas funciones. La primera es su flexibilidad para adaptarse a procesos multiproductivos. La segunda es que permiten, bajo ciertas condiciones, analizar tanto la eficiencia técnica como la asignativa, mientras que las funciones de producción sólo muestran información acerca de la eficiencia técnica.

No obstante, las funciones de costes también plantean inconvenientes. En primer lugar, es necesario contar con datos de precios de factores, que deben ser observables y exógenos. En muchas ocasiones es difícil obtener estos precios,

bien sea porque no se actúa en mercados competitivos, o porque es difícil tener acceso a datos financieros o contables, de los que deducirlos. En segundo lugar, las variables empleadas para estimar las funciones de costes han de estar medidas en unidades monetarias, lo que constituye un problema, sobre todo si se desean realizar comparaciones entre países. En el ámbito portuario las diferencias que presentan los puertos en aspectos económicos, legales, sociales y fiscales, complica su comparación. Frente a esta dificultad, las funciones de producción utilizan variables medidas en unidades físicas, mucho más fáciles de observar que los precios, y cuya homogeneidad facilita las comparaciones internacionales.

La frontera estimada limita el rango de observaciones posibles, de manera que las observaciones eficientes se situarán en la frontera y las ineficientes estarán por debajo de ella (salvo en la frontera de coste, donde la ineficiencia se registra cuando la observación está encima de la frontera).

5.5. Estimación de la frontera: enfoque paramétrico versus no paramétrico

Durante las tres últimas décadas se han desarrollado dos enfoques principales para medir la eficiencia relativa (respecto a la empíricamente definida como mejor práctica actual):²¹ el enfoque econométrico, cuyo principal exponente son las fronteras estocásticas, y las técnicas de programación lineal, representadas básicamente por el *Data Envelopment Analysis (DEA)*. Los principales elementos diferenciadores de estos dos enfoques se exponen en la tabla 5.2.

Ambas metodologías difieren en diversos aspectos, pero las diferencias esenciales, de las que surgen las ventajas y los inconvenientes de estas técnicas, se reducen a las dos características siguientes (Lovell, 1993). Por un lado, la aproximación econométrica se supone estocástica y, por tanto, puede distinguir los efectos del ruido de los efectos de la ineficiencia, mientras que el enfoque de programación lineal es no estocástico y trata conjuntamente el ruido y la ineficiencia, denominando a ambos ineficiencia. Por otro lado, el enfoque econométrico es paramétrico y confunde los efectos de una mala especificación

²¹ Varios autores han realizado estudios exhaustivos de las diferentes metodologías expuestas. El *DEA* ha sido revisado extensamente por autores como Banker, Charnes, Cooper, Swarts and Thomas (1989), Seiford y Thrall (1990), Lovell (1993), Ali y Seiford (1993), Charnes et al. (1995), Seiford (1996), Coelli, Prasada Rao y Battese (1998) y Cooper, Seiford y Tone (2000). En el ámbito de las técnicas econométricas pueden consultarse los trabajos mencionados al comienzo del presente capítulo.

funcional (tanto de la tecnología como de la ineficiencia) con ineficiencia. La aproximación de programación lineal no es paramétrica y, por tanto, es menos sensible a este tipo de error, aunque requiere imponer un tipo de rendimiento a escala, con lo que este enfoque presenta sensibilidad al supuesto realizado en este sentido.

De este modo, la principal ventaja del método de programación lineal es que no impone ninguna forma funcional *a priori* sobre los datos; otra virtud de esta técnica es que permite tratar fácilmente procesos multiproductivos. Sin embargo, plantea algunos inconvenientes, entre los que destacan los siguientes: la frontera estimada y, por tanto, la medida de la eficiencia puede estar contaminada si hay ruido estadístico; y al no realizar supuestos sobre la forma de distribución del término de error, no permite contrastar hipótesis.

Tabla 5.2. Características del DEA y de las fronteras estocásticas

DEA	Frontera estocástica
<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque no paramétrico • Enfoque determinista • No considera ruido aleatorio • Sólo contempla factores controlables por la empresa • No permite contrastar hipótesis estadísticas • No realiza supuestos sobre la distribución del término de ineficiencia • No incluye término de error • No requiere especificar una forma funcional • Acomoda fácilmente procesos multiproductivos • Sensible al número de variables, a errores de medida y a outliers • Método de estimación: Programación matemática 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque paramétrico • Enfoque estocástico • Considera ruido aleatorio • Contempla factores controlables y no controlables por la empresa • Permite contrastar hipótesis estadísticas • Realiza supuestos sobre la distribución del término de ineficiencia • Incluye un término de error compuesto: uno de una cola y otro simétrico (dos colas) • Requiere especificar una forma funcional • Presenta mayor dificultad en el tratamiento de procesos mutiproductivos • Puede confundir ineficiencia con una mala especificación del modelo • Método de estimación: Econometría

Por su parte, los modelos econométricos, en general, tienen en cuenta el ruido aleatorio y de esta manera pueden separar los errores de medida de la estimación de la eficiencia; permiten el contraste de hipótesis; identifican fácilmente los *outliers*; y, en su versión de frontera de coste (o de ingreso o beneficio) o de función de distancia, pueden estimar fronteras que contemplan más de un producto. Estos modelos presentan como desventajas principales que pueden calificar como ineficiencia lo que en realidad es una mala especificación del

modelo; que la descomposición del término de error entre ruido e ineficiencia puede estar afectada por la forma funcional especificada para dicho término de error; y que requieren muestras grandes para obtener estimaciones robustas, lo cual muchas veces es difícil de obtener.

Obviamente, sería deseable dotar de naturaleza estocástica al enfoque de programación lineal y conseguir mayor flexibilidad en la estructura paramétrica del enfoque estocástico. De hecho, se han desarrollado modelos en ambos sentidos, aunque los resultados alcanzados en estas dos áreas son, de momento, limitados.

Con respecto a qué metodología es la mejor, algunos autores consideran que ninguno de estos dos enfoques (econométrico o de programación lineal) domina al otro (Lovell, 1993), aunque pueden encontrarse serios defensores de cada uno de ellos. Ninguno de estos métodos es perfecto, todos tienen ventajas e inconvenientes. Por tanto, la utilización de uno u otro método dependerá del caso concreto de estudio.

Una vez que la aplicación empírica de las diferentes metodologías se consolida, surge un interés en la literatura por comparar los resultados obtenidos al emplear distintos enfoques, al considerar diversos supuestos dentro de un mismo enfoque o al aplicar diferentes métodos de estimación.²² Se trata de comprobar si los resultados se mantienen al establecer tales diferencias y de remarcar la posible superioridad de unos métodos frente a otros.

5.6. Fronteras estocásticas

El enfoque de las fronteras estocásticas parte de la hipótesis de que existen dos tipos de factores que determinan que las empresas se desvíen de la frontera determinística. De un lado, hechos fortuitos, de carácter aleatorio, que pueden jugar a favor y en contra de la empresa; y, de otro lado, fallos en alcanzar el objetivo perseguido por la empresa, es decir, ineficiencia.

Esta metodología consiste en estimar a través de técnicas econométricas una función frontera utilizando una representación paramétrica de la tecnología junto con un término de error compuesto. El término de error está formado por el

²² Entre otros cabe citar Ferrier y Lovell (1990); Bauer, Berger, Ferrier y Humprey (1993, 1998); Drake y Weyman-Jones (1996) y Coelli y Perelman (1999, 2000).

ruido estadístico, normalmente especificado a partir de una distribución normal y por la ineficiencia, que sigue alguna distribución de una cola.

Las fronteras estocásticas surgen en 1977 a partir de los trabajos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y de Meeusen y van den Broeck (1977),²³ quienes proponen el siguiente modelo, aplicado a datos de corte transversal:

$$y_i = f(x_i; \beta) \exp(v_i - u_i) \quad i = 1, \dots, N \quad (5.1)$$

donde, según la propuesta de Aigner et al. (1977):

y_i es la producción de la empresa i -ésima,

x_i es un vector de cantidades de los factores empleados por la empresa i -ésima,

β es un vector de parámetros desconocidos a estimar,

v_i es una variable aleatoria que toma en consideración errores de medida y otros factores fortuitos como pueden ser los efectos sobre la producción de la climatología, suerte, huelgas, etc., junto con los efectos derivados de una mala especificación de la función de producción. Se supone que esta variable se distribuye independiente e idénticamente (iid) como una normal $N(0, \sigma_v^2)$, e independiente del término de ineficiencia,

u_i es una variable aleatoria no negativa, que tiene en cuenta la ineficiencia técnica y de la que supone que se distribuye iid como una variable aleatoria seminormal $|N(0, \sigma_u^2)|$ o exponencial.

La frontera estocástica está determinada por la estructura de la tecnología de la producción, parte determinista del modelo $[f(x_i; \beta)]$, que es común a todas las empresas, y por factores aleatorios externos (favorables o desfavorables), fuera del control de las empresas y específicos a cada una de ellas, que constituyen la parte estocástica del modelo $[\exp(v_i)]$.

El término de error de la ecuación (5.1) consta de dos partes y, por este motivo, a las fronteras estocásticas se les suele denominar modelos de error compuesto. El componente de error (v_i) es simétrico, y el término de ineficiencia técnica (u_i) es no negativo. Por tanto, el término de error compuesto ($v_i - u_i$) es asimétrico (negativamente en el caso de frontera de producción, ingresos y beneficios y positivamente, en el caso de fronteras de coste). De este modo, las empresas operarán sobre la frontera estocástica de producción $[f(x_i; \beta) \exp(v_i)]$ o por debajo de ella, según sea $u_i = 0$ ó $u_i > 0$, respectivamente.

²³ En ese mismo año Battese y Corra (1977) proponen una parametrización diferente en la función de densidad de la variable dependiente.

En las fronteras de producción, la eficiencia técnica de la empresa i -ésima se define como el cociente entre el producto alcanzado por dicha empresa y su producción potencial, definida por la frontera estocástica, es decir:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta) \exp(v_i)} = \exp(-u_i) \quad (5.2)$$

Se trata de una medida de eficiencia técnica orientada al output, que indica la cantidad de producto que la empresa i -ésima podría haber alcanzado utilizando la misma cantidad de factores productivos que la empresa eficiente.

El término $-u_i$ no puede observarse. Una vez que se ha estimado la frontera, lo único que se observa es la diferencia $v_i - u_i$. Es decir, para calcular la eficiencia técnica de cada empresa (ET_i) es preciso estimar la ecuación (5.1), tarea que es relativamente sencilla, y descomponer el término de error compuesto, estimando separadamente el ruido y la eficiencia, lo cual no es tan fácil. De hecho, en los primeros trabajos realizados en este campo en 1977, ninguno de los autores fue capaz de realizar tal separación, obteniendo únicamente una estimación de la eficiencia técnica media de todas las empresas. Se trata de una medida agregada de gran valor, pero indudablemente, tanto desde un punto de vista empresarial como de política económica es mucho más útil obtener evaluaciones individuales de cada empresa (Lovell, 1993).

La primera solución a este problema aparece en el trabajo de Jondrow, Lovell, Materov y Schmidt (1982), quienes recurren a la media o a la moda de la distribución del término de ineficiencia condicionado a la estimación del término de error completo ($E[u_i | v_i - u_i]$) para obtener una estimación puntual de u_i . La posibilidad de obtener estimaciones de la eficiencia de cada productor aumentó considerablemente el atractivo de las fronteras estocásticas.

Varias técnicas econométricas pueden aplicarse en la estimación de las fronteras estocásticas: mínimos cuadrados ordinarios corregidos (COLS) con alguna de sus variantes, y máxima verosimilitud (ML). Algunos trabajos se han dedicado a investigar las propiedades de los estimadores obtenidos con estos métodos. Olsen, Schmidt y Waldman (1980) afirman que la eficiencia de los estimadores COLS y ML es similar, aunque sugieren emplear el primero en muestras pequeñas. Coelli (1995-b), a partir de un experimento Monte Carlo, aconseja usar ML frente a COLS cuando la contribución del término de ineficiencia en el término de error total es grande. Después de analizar las conclusiones de varios

estudios dedicados a comparar los resultados alcanzados tras la aplicación de diferentes métodos de estimación, Kumbhakar y Lovell (2000) afirman que aunque existe conflicto, los enfoques generan rankings de empresas similares, sobre todos en los primeros puestos y en los últimos, que son los de mayor interés para la toma de decisiones económicas, tanto de tipo empresarial como político.

A partir del modelo original de frontera estocástica de producción, definido en la ecuación (5.1) se han producido desarrollos teóricos que tratan de dotar a los modelos de frontera de mayor generalidad. Así, existen modelos que permiten su aplicación a datos de panel (Pitt y Lee, 1981; Schmidt y Sickles, 1984; Kumbhakar, 1987; Battese y Coelli, 1988), otros que incorporan supuestos distribucionales más generales para el término de ineficiencia como la normal-truncada (Stevenson, 1980) o la gamma de dos parámetros (Greene, 1990); algunos permiten la variación temporal de la ineficiencia (Cornwell, Schmidt y Sickles, 1990; Kumbhakar, 1990; Battese y Coelli, 1992; Cuesta, 2000), existiendo propuestas que incorporan combinaciones de las anteriores. Otras líneas de avance han sido la estimación de modelos formados por sistemas de ecuaciones (y con ellos la separación entre la ineficiencia técnica y la asignativa) y la determinación de los factores que influyen sobre la eficiencia de las empresas.

Esta última línea de investigación ha generado el desarrollo de modelos que incorporan variables exógenas que, puesto que caracterizan el entorno en el que las empresas desarrollan su actividad, ejercen influencia en su eficiencia. Como ejemplo cabe citar el tipo de propiedad, el grado de regulación de la actividad, el nivel de presión competitiva en la industria, características de las redes de transporte, indicadores de calidad, etc. Estos factores han sido incluidos en los modelos de eficiencia de diversas maneras, siendo las que mayor aceptación han tenido en la estimación de fronteras estocásticas las siguientes.

Un primer enfoque parte de la consideración de que estas variables influyen directamente en la tecnología productiva que determina la frontera sobre la cual se mide la eficiencia. Se trata de factores que reflejan las características del entorno en el que tiene lugar el proceso productivo y lo único que permiten es realizar una estimación más precisa de la eficiencia, al realizarse una mejor caracterización de la tecnología productiva. Habitualmente se consideran como tales los factores que se encuentran fuera del control de los gestores de las empresas. Estas variables, recogidas en el término z_i de la ecuación (5.3), no explican las causas de la ineficiencia, quedando sin resolver esta cuestión.

$$\ln y_i = \ln f(x_i, z_i; \beta) + v_i - u_i \quad (5.3)$$

En segundo lugar, surgen estudios que tratan de asociar directamente las variaciones en las variables exógenas con las variaciones en la eficiencia estimada. Los primeros análisis empíricos realizaron esta tarea en dos etapas (Pitt y Lee, 1981; Kalirajan, 1981).

En la primera etapa se procede a la estimación de una frontera estocástica tradicional (que no incorpora tales variables) y a la predicción de los efectos de la ineficiencia técnica, regresando, en una segunda etapa, el valor estimado de tales efectos sobre un conjunto de variables específicas de las empresas. La regresión efectuada en la segunda etapa adopta la siguiente estructura:

$$E(u_i | v_i - u_i) = g(z_i; \gamma) + \varepsilon_i \quad (5.4)$$

donde ε_i se distribuye i.i.d. con una distribución normal $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ y γ es un vector de parámetros a estimar.

Este proceso en dos etapas plantea un problema que consiste en que en la primera fase se considera que los efectos de ineficiencia se distribuyen independiente e idénticamente, mientras que en el segundo paso los efectos de ineficiencia predichos son función de los factores específicos de cada empresa, lo que significa que aquéllos no están idénticamente distribuidos.

Para resolver esta cuestión, diversos autores, entre los que cabe destacar a Kumbhakar, Ghosh y McGuckin (1991), Reifschneider y Stevenson (1991) y Huang y Liu (1994), han planteado especificaciones en las que los efectos de la ineficiencia técnica (u_i) se definen como una función de los factores específicos de las empresas que se considera que influyen en la eficiencia, de tal modo que la estimación de todos los parámetros se realiza en una sola etapa por el método de máxima verosimilitud.

En esta línea se enmarca la especificación propuesta por Battese y Coelli (1995), que constituye una generalización de las propuestas anteriores ya que admite su aplicación a datos de panel, lo cual permite la estimación de los parámetros de los factores que se cree que influyen en los niveles de los efectos de ineficiencia técnica y, al mismo tiempo, es posible estimar tanto cambio técnico como eficiencia técnica variante en el tiempo. Este modelo supone que los efectos de ineficiencia técnica se distribuyen independientemente (pero no idénticamente) como variables aleatorias no negativas. Tomando como punto de partida el

modelo definido en la ecuación (5.1), que se generaliza para permitir la incorporación de datos de panel, el efecto de ineficiencia técnica, u_i , para la empresa i -ésima en el periodo t -ésimo, se obtiene por la truncación en cero de la distribución $N(\mu_{it}, \sigma_u^2)$, donde $\mu_{it} = z_{it}\delta$, siendo z_{it} el vector de las variables que pueden influir en la eficiencia de las empresas y δ es un vector de parámetros a estimar.

5.7. Modelización de actividades multiproductivas: la función de distancia

La función de producción, definida para unidades productivas que obtienen un único bien o servicio a partir de dos factores productivos, permite caracterizar de forma sencilla una tecnología productiva. A pesar de que las tecnologías monoproducción tienen un valor importante como punto de partida en el análisis de la producción, lo cierto es que en muchas actividades productivas se obtiene más de un bien o servicio. Por ejemplo, en el sector del transporte, habitualmente se ofrecen dos tipos de servicios de transporte: al pasajero y a la carga; incluso en ocasiones las mercancías transportadas son tan diferentes unas de otras que requieren instalaciones y servicios específicos. Así pues, si se desea efectuar un análisis más general, deben contemplarse tecnologías multiproducción es decir, debe admitirse la posibilidad que el proceso productivo, empleando más de un factor, obtenga varios productos.

El estudio de las características productivas de las empresas de naturaleza multiproducción se ha realizado mayoritariamente a través del empleo de funciones duales, de entre las que destaca la función de coste²⁴ por ser la más aplicada en los estudios empíricos (Tovar, 2002; Martínez Budría et al., 1998; Jara-Díaz et al., 1997; Martínez Budría, 1996, etc.). La teoría de la dualidad requiere que los precios sean observables y exógenos, lo cual no siempre es posible.

Alvarez y Orea (2001) destacan varios métodos que utilizan el enfoque primal: estimar de funciones de producción separadas para cada producto; agregar los productos (simplemente sumándolos, utilizando los ingresos o construyendo un índice superlativo multilateral) y estimar una función de producción con un solo producto agregado; y estimar funciones de producción multiproductos, en las que uno de los bienes se regresa contra los factores de producción y los demás

²⁴ Otras funciones duales son las funciones de beneficio y de ingreso.

productos. En el primer caso es necesario conocer cómo se asignan los factores productivos en la obtención de cada uno de los productos. En el segundo caso, o bien es preciso contar con información acerca de los precios (ingresos), o bien se exige que las empresas maximicen sus ingresos y la existencia de mercados competitivos para los productos (índice superlativo). La tercera opción plantea como inconveniente que los resultados obtenidos son sensibles al producto elegido como variable dependiente.

Frente a las alternativas expuestas, la función de distancia plantea interesantes ventajas, aunque no está exenta de inconvenientes. Entre las principales virtudes de la función de distancia cabe destacar las siguientes. La primera es que permite acomodar procesos multiproductivos, algo que no puede hacerse con una frontera de producción. Esta característica es de especial interés en el estudio de las actividades portuarias, claramente multiproductivas (véase capítulo 2). Por ejemplo, los servicios de infraestructura se proporcionan no solamente a los diferentes tipos de mercancías, sino también a los pasajeros.

En segundo lugar, frente a las fronteras de coste, beneficio o ingreso, que requieren admitir el supuesto de minimización de costes, o maximización de beneficios o ingresos, la función de distancia no descansa en supuestos de comportamiento económico. Por el contrario, se basa en una relación de carácter puramente tecnológico entre vectores de producto y de factores. Se trata de una función en la que no participan variables de contenido económico (como pueden ser los precios de los productos o de los factores) y, por tanto, no está construida bajo ninguna hipótesis acerca de la conducta de los productores.

Esta peculiaridad de la función de distancia la hace especialmente apropiada para el estudio de empresas públicas reguladas, que no necesariamente tienen un comportamiento optimizador.²⁵ En ocasiones, estas empresas han de contribuir a los objetivos de las autoridades públicas y, por tanto, persiguen otros propósitos como redistribución de la renta, política económica (desempleo, inflación, etc.). En este sentido, Pestieau y Tulkens (1994) afirman que la eficiencia técnica es el criterio más apropiado para comparar empresas que actúan en tal entorno. Esta aseveración se fundamenta en que el objetivo de eficiencia técnica es el único que es compatible con los demás propósitos fijados por la autoridad reguladora.

²⁵ Averch y Johnson (1962) demuestran que la regulación por tasa de retorno no introduce incentivos a minimizar costes, ya que cualquier incremento de costes será recuperado en forma de aumento de precios. El principal resultado de este efecto es una sobreinversión en capital.

Existen estudios que demuestran que en el sector portuario no se cumple la hipótesis de minimización de costes (Baños Pino et al., 1999). 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.

Por último, la función de distancia sólo requiere datos físicos relativos a la cantidad de los productos obtenidos y al nivel de los factores empleados. Por tanto, no es necesario contar con información acerca de los precios de productos ni de los precios de los factores y tampoco es preciso asumir que tales precios son exógenos. Esta ventaja es especialmente apreciable en sectores donde es difícil obtener tales precios o donde aún estando disponibles, los precios están distorsionados y no reflejan el coste real de producción. Por ejemplo, en el ámbito portuario, los estados suelen conceder subvenciones a la construcción de infraestructuras. Esta es una cuestión que preocupa a las autoridades comunitarias que están haciendo un gran esfuerzo para que las tarifas por el uso de las infraestructuras portuarias reflejen el verdadero coste para el usuario (Comisión de las Comunidades Europeas, 1998). Adicionalmente, el sistema de financiación de los puertos españoles prevé una figura de solidaridad: el fondo de financiación y solidaridad (en la actualidad fondo de compensación interportuario). La existencia de este tipo de subvenciones cruzadas provoca distorsiones en los precios.

A pesar de sus atractivos, la función de distancia también presenta algunos inconvenientes. El más destacado es que existe un problema potencial de endogeneidad, ya que, en su versión de orientación al output, algunos productos aparecen como regresores. Sin embargo, Coelli y Perelman (1996, 2001) argumentan que, en realidad, una vez que la función de distancia se ha normalizado, lo que aparece como regresores son ratios entre productos. Puesto que la función de distancia se define como una expansión radial de todos los outputs, dado un nivel de inputs, los ratios se mantienen constantes para cada empresa, por lo que se puede admitir la exogeneidad de los ratios.

5.7.1. Definición de función de distancia²⁶

La función de distancia permite describir la estructura tecnológica de unidades productivas que utilizan más de un input para obtener dos o más productos y, al mismo tiempo, estimar la eficiencia técnica relativa de las empresas en términos de la distancia que separa a cada productor de dicha frontera.

Esta distancia puede acortarse por dos vías: aumentando la producción para un nivel de inputs constante (orientación output) o reduciendo el uso de inputs para un volumen dado de producto (orientación input).

Así pues, la función de distancia puede definirse con una orientación al input o al output. En el primer caso se especifica la tecnología en función del conjunto de factores y, en el segundo, la caracterización procede del conjunto de productos. La función de distancia con orientación al input define una tecnología mediante la máxima reducción equiproporcional del vector de inputs, dado un vector de outputs. La función de distancia con orientación al output caracteriza una tecnología mediante la máxima expansión equiproporcional del vector de outputs, dado un vector de inputs. De estas definiciones se desprende el carácter radial de la función de distancia.

En el análisis empírico la decisión entre una y otra forma de expresar la función de distancia es una cuestión de relevancia, puesto que no generarán el mismo índice de eficiencia (salvo que la tecnología presente rendimientos constantes a escala, en cuyo caso los índices serán inversos, Färe y Primont, 1995). La elección entre ambas dependerá fundamentalmente de las características productivas del sector objeto de estudio.

En aquellos sectores donde las empresas tienen un poder de decisión considerable sobre el nivel de producción y se enfrentan con dificultades para ajustar la cantidad empleada de factores, es conveniente utilizar una función de distancia orientada al output. Sin embargo, en otras ocasiones es preferible adoptar una orientación input. Por ejemplo, la mayoría de los trabajos aplicados a sectores regulados adoptan la orientación al input, en la creencia de que las empresas tienen que satisfacer una demanda exógena y tienen capacidad para

²⁶ Para mayor detalle de los contenidos de esta sección, además de los artículos de Shephard (1953, 1970), pueden consultarse los trabajos siguientes: Färe y Primont (1995), Kumbhakar y Lovell (2000), Rodríguez Alvarez (2001) y Coelli y Perelman (2001).

actuar sobre la cantidad de factores que emplean. En cualquier caso, la delimitación de las variables sobre las que pueden actuar las empresas reguladas no es tarea fácil. En este sentido, en un trabajo aplicado al sector del ferrocarril, Coelli y Perelman (1999) observan que existen argumentos para defender ambos tipos de orientaciones y, en consecuencia, estiman la función de distancia, tanto orientada al input como al output, obteniendo resultados muy similares. Proponen emplear medida de eficiencia basada en una media geométrica de los diferentes resultados obtenidos. Orea, Roibás y Wall (2004) proponen aplicar el test de Vuong para identificar la mejor orientación.

Introducida en el ámbito de la teoría de la producción por Shephard (1953, 1970) las aplicaciones empíricas de funciones de distancia tienen lugar inicialmente en el campo de la programación lineal no paramétrica. Las primeras estimaciones de funciones de distancia a través de técnicas econométricas surgen en la década de los años 90 y, en la actualidad, se amplía cada vez más el número de autores²⁷ que apuestan decididamente por la función de distancia como enfoque para aplicar el análisis econométrico a empresas o sectores de carácter multiproductivo.

5.7.2. Función de distancia con orientación al output

En este apartado se define formalmente y se exponen las principales propiedades de la función de distancia orientada al output, puesto que es la que se estima en la aplicación empírica desarrollada en el capítulo 7. Para extender el análisis a las funciones de distancia orientadas al input pueden consultarse los trabajos anteriormente citados.

La función de distancia con orientación al output puede especificarse en términos del conjunto de productos, el cual muestra la totalidad de niveles de producción que son técnicamente factibles, para cada vector de inputs. Analíticamente, este conjunto se puede formular como sigue:

$$P(x) = \{y : (x, y) \in T\} \quad (5.5)$$

²⁷ Sin ánimo de ser exhaustivo, cabe citar los siguientes trabajos: Baños Pino, Fernández Blanco y Rodríguez Álvarez (2002); Morrison, Johnston, y Fregley (2000); Coelli y Perelman (1999, 2000); Rodríguez Álvarez (2000); Orea (2002) y Cuesta y Orea (2002).

donde $x = (x_1, \dots, x_N) \in R_+^N$ es un vector que contiene N factores no negativos, $y = (y_1, \dots, y_M) \in R_+^M$ es un vector que contiene M productos también no negativos²⁸ y T es el conjunto tecnológico o conjunto de posibilidades de la producción.

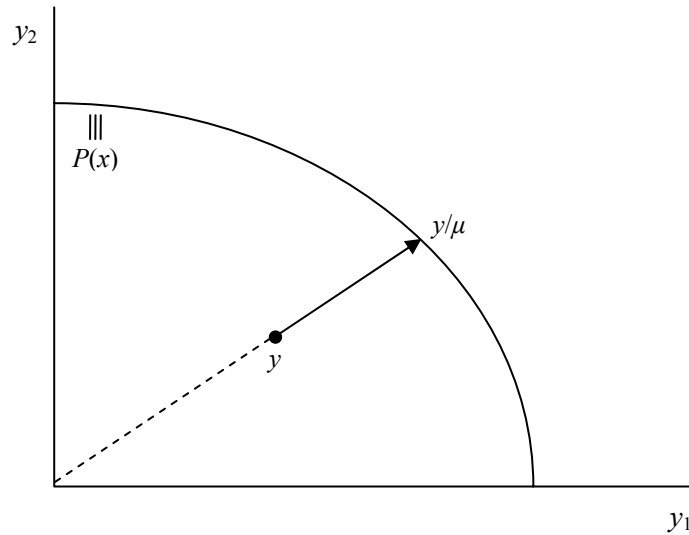
La función de distancia con orientación al output se define como el menor escalar por el que se pueden dividir proporcionalmente todos los productos, empleando el mismo nivel de factores productivos. Bajo esta orientación, la función de distancia utiliza un enfoque que contempla la expansión del producto para medir la distancia del productor estudiado a la frontera tecnológica. Formalmente, se expresa como sigue:

$$D_O(x, y) = \min_{\mu} \{ \mu : y / \mu \in P(x) \} \text{ para todo } x \in R_+^N \quad (5.6)$$

Es decir, para un vector de factores dado, x , el valor de la función de distancia, $D_O(x, y)$, coloca $y / D_O(x, y)$ sobre la frontera del conjunto $P(x)$ a través del rayo y .

En la figura 5.3 se ofrece la representación gráfica del conjunto de productos y de la función de distancia orientada al output, bajo el supuesto de dos productos. Puede observarse que el conjunto de productos se limita al área situada por debajo de la curva $P(x)$. En este contexto, el vector de productos y se puede producir con el factor x , factor con el que también es posible lograr una expansión del producto hasta y/μ , lo que implica que $D_O(x, y) = \mu < 1$. Si la observación estuviera sobre la frontera, es obvio que la distancia tomaría un valor unitario ($D_O(x, y) = \mu = 1$).

²⁸ Aunque los fundamentos analíticos permiten que algunos de los productos o de los factores tomen valores cero, una parte del análisis econométrico utiliza formas funcionales logarítmicas (es el caso de la forma funcional translogarítmica) que presentan dificultad para admitir valores no positivos de las variables. Por esta razón suele admitirse que $x \in R_{++}^N$ y que $y \in R_{++}^M$.

Gráfico 5.3. Función de distancia orientada al output

La función de distancia orientada al output satisface las propiedades siguientes:²⁹

1. $D_o(x,y)$ es no creciente en inputs.
2. $D_o(x,y)$ es no decreciente en outputs.
3. $D_o(x,y)$ es homogénea de grado 1 en outputs.
4. $D_o(x,y)$ es convexa en outputs.
5. $D_o(x,y)$ es dual de la función de ingreso.

Finalmente, la medida de eficiencia técnica orientada al output es la inversa de la función de distancia orientada al output. En términos formales:

$$ET_o(x, y) = 1 / D_o(x, y) \quad (5.7)$$

²⁹ Un mayor detalle de las propiedades de la función de distancia puede encontrarse en Färe y Primont (1995) y en Kumbhakar y Lovell (2000).

5.8. Resumen y conclusiones

Aunque eficiencia y productividad son dos conceptos relacionados no deben usarse como sinónimos. El primero hace referencia a la comparación entre el resultado real de una empresa y el resultado óptimo que podría haber alcanzado y la segunda hace referencia a la relación que existe entre los productos obtenidos por la empresa y los factores empleados.

La eficiencia en la producción tiene dos componentes: eficiencia técnica (mide la capacidad para obtener la máxima producción con los recursos disponibles, o viceversa) y eficiencia asignativa (capacidad para combinar los factores productivos en las proporciones óptimas). Ambas dan lugar a la eficiencia económica total.

La estimación de fronteras tecnológicas tiene interés en sí misma, porque permite analizar características de la estructura productiva, pero además proporciona una referencia con la que evaluar la eficiencia de las empresas, información de gran interés para los gestores de las empresas y las autoridades económicas.

Pueden estimarse diferentes tipos de frontera. La elección estará condicionada por los supuestos que mejor se adapten a cada una y por la disponibilidad de los datos. Existen fundamentalmente dos enfoques para medir la eficiencia, el econométrico y el *DEA*. Cada uno de estos enfoques presenta sus propias ventajas e inconvenientes sin que se pueda afirmar que uno es superior a otro. La elección entre ambos depende de las características de cada caso de estudio.

Las fronteras estocásticas permiten caracterizar la tecnología de la producción distinguiendo entre los efectos de factores aleatorios y los efectos de la ineficiencia. Los primeros modelos se definieron para datos de corte transversal y solamente podían estimar la eficiencia media del conjunto de empresas. Desde este modelo inicial se han producido desarrollos para dotarlos de mayor generalidad: posibilidad de obtener estimaciones puntuales de la eficiencia, acomodar datos de panel, calcular eficiencia variante en el tiempo, determinar el impacto de variables que influyen sobre la eficiencia, etc.

Tradicionalmente las investigaciones empíricas han abordado el estudio de las tecnologías multiproductivas empleando un enfoque dual, mayoritariamente la función o frontera de coste. Esta aproximación requiere conocer datos sobre los precios de los factores, que en algunas actividades no son fáciles de obtener, y

que además sean exógenos, cuestión que es probable que no se cumpla en determinados sectores.

Un enfoque que ofrece un tratamiento adecuado de la tecnología multiproducto y que no requiere utilizar datos de los precios, es la función de distancia. Si bien este enfoque tiene cierta antigüedad teórica (Shephard, 1953, 1970), las aplicaciones empíricas son relativamente nuevas.

En actividades donde es difícil obtener datos económicos de los que derivar los precios, o donde los factores no se adquieren en mercados competitivos, o donde la existencia de subvenciones cruzadas distorsiona los precios, la función de distancia se configura como un enfoque ideal para estimar tecnologías multiproductivas.

Capítulo 6

Eficiencia en el sector portuario: evidencia empírica

6.1. Introducción y antecedentes

Los estudios que analizan los puertos desde una perspectiva económica datan de los años 60. El interés inicial de los investigadores se centra en aspectos como la tarificación de las instalaciones portuarias y en cuestiones relacionadas con la capacidad portuaria y las políticas de inversión (a modo de ejemplo, pueden consultarse los trabajos de Goss, 1967 y Heggie, 1974). El papel que juegan las infraestructuras portuarias en la actividad económica pronto genera otra corriente que atrae la atención de los investigadores. Son los estudios de impacto económico, en los que los servicios portuarios se valoran en términos de cantidad de empleo creado como consecuencia de la construcción de un puerto, o en términos de la reducción de coste (y, por tanto, de precios a los usuarios) que conllevan determinadas actuaciones en los puertos (Waters, 1977, Chang 1978-a).

En las décadas siguientes surgen los primeros manuales sobre economía portuaria (Peston y Rees, 1971, Bennathan y Walters, 1979, Jansson y Shnneron, 1982, entre otros), al tiempo que la literatura en materia de puertos se amplía y aborda nuevos aspectos de la industria. Una cuestión muy analizada es la productividad y sus factores determinantes (Suykens, 1982; De Monie, 1987; Dowd y Leschine, 1989; Tongzon, 1993 y 1995-b; Talley, 1994; Sachish, 1996; Robinson y Everett, 1997; y Fourgeaud, 2000). Las inversiones portuarias (Shneerson, 1981) y la planificación continúan siendo objeto de numerosos estudios (Bobrovitch, 1982, Shneerson, 1983, Goodman, 1984) que tratan de determinar el tamaño óptimo de las infraestructuras portuarias, utilizando diferentes técnicas como, por ejemplo, teoría de colas y programación dinámica.

Otro tipo de estudios que proporcionan conceptos útiles para entender el funcionamiento de los puertos y los factores que determinan sus costes, incluyen trabajos de estimación de costes y de economías de escala, como los realizados por Reker, Connell y Ross (1990), Martínez Budría (1996), Jara-Díaz, Cortés, Vargas y Martínez Budría (1997), Martínez Budría, González Marrero y Díaz Hernández (1998) y Tovar, Jara-Díaz y Trujillo (2003). Muchos otros aspectos han suscitado interés, entre los que puede mencionarse, la privatización portuaria (Fernández et al. 1999, Trujillo y Nombela, 2000), el fomento de la competencia

entre puertos (Heaver, 1995), criterios de selección de puertos (Slack, 1985, Malchow y Kanafani, 2001), etc.

Frente a tal profusión de estudios, la literatura sobre eficiencia en la industria portuaria es relativamente nueva (las primeras investigaciones aparecen a mediados de los años 90) y modesta, sobre todo si se compara con los estudios realizados en otros servicios públicos (electricidad, agua, banca, sanidad, educación, agricultura, etc.), incluido el sector del transporte, donde son numerosas las publicaciones dedicadas al sector ferroviario y también al aéreo.

Sin embargo, en los últimos años se asiste a un avance importante de los trabajos que analizan la eficiencia y la productividad del sector portuario. Uno de los factores que justifica tal desarrollo es que los puertos se configuran como un interesante caso de estudio. En efecto, los importantes procesos de innovación tecnológica acaecidos en las industrias marítima y portuaria, así como los cambios en la organización y gestión de los puertos, han supuesto una modificación sustancial en la naturaleza de las operaciones, al tiempo que han posibilitado un desarrollo en la cantidad y calidad de los factores empleados, y un aumento de la especialización de los mismos. Todos estos acontecimientos han tenido un gran impacto en la productividad y en la eficiencia de las operaciones portuarias.³⁰

Los estudios sobre la eficiencia y la productividad de los puertos pueden clasificarse en tres grupos principales. El primero está formado por trabajos que emplean indicadores parciales de productividad del sistema portuario, que presentan, por tanto, una visión limitada de la eficiencia. Los estudios que utilizan un enfoque ingenieril y los que emplean la simulación y la teoría de colas constituyen el segundo grupo. El tercero, mucho más reciente y menos desarrollado, comprende investigaciones que estiman fronteras tecnológicas, de las que se derivan los índices de eficiencia de las empresas portuarias. Con independencia del enfoque seguido, una característica común es el interés por

³⁰ Por ejemplo, en Colombia la liberalización de las prácticas laborales portuarias permitió pasar de trabajar 16 horas diarias, 280 días al año, a trabajar todos los días del año durante las 24 horas del día. Con ello, frente a las 750 toneladas de carga general movidas por barco y día antes de 1993, se descargaron 1.700 toneladas en 1996. Resultados similares (aumento de la carga, reducción de la estancia media de los barcos, reducción de tarifas y costes, etc.) se obtuvieron en Argentina, tras establecer un sistema de concesión en las terminales de manipulación de mercancía (World Bank, 2001).

desarrollar una herramienta que, a través del cálculo de la productividad o la eficiencia, permita orientar la toma de decisiones en el sector portuario.

La literatura académica que adoptó el enfoque de los indicadores parciales de productividad abarca un periodo de 15 años, que se inicia a comienzos de los años 80. Cabe incluir en este grupo el trabajo de Suykens (1982), quien propone que puesto que ningún puerto es igual a otro, la medida y comparación de la productividad debe considerar un solo puerto. Analiza la productividad del servicio de manipulación de mercancía del Puerto de Antwerp y sus factores determinantes, para lo cual se centra en tres aspectos: la organización del trabajo en los muelles, el diseño de los muelles y utilización del equipamiento técnico.

Los primeros trabajos que utilizan indicadores parciales de productividad para realizar comparaciones entre puertos fueron realizados por Talley (1994) y Tongzon (1995-a). La metodología empleada consistía en definir un conjunto de indicadores que se derivan de la optimización del objetivo económico del puerto en el primer estudio y de la técnica de análisis de componentes principales en el segundo. Los indicadores parciales también han sido utilizados como instrumentos para fomentar la competencia entre puertos (Australian Productivity Commission, 1998).

En las dos últimas décadas se asiste a un auge de los estudios de indicadores, cuya explicación quizás reside en el interés que tienen los gestores de los puertos y los operadores portuarios en medir de una forma sencilla la productividad de sus actividades con distintos fines: para posicionarse comercialmente, para rendir cuentas ante los accionistas o ante el ente público que los controla, etc. En este sentido, son numerosas las publicaciones realizadas en diferentes puertos de toda la geografía mundial, con especial intensidad en el Reino Unido y Australia, donde las reformas emprendidas en diversos ámbitos de la actividad portuarias atrae la atención de los investigadores.

Como se ha comentado en el capítulo 5, la principal desventaja de esta metodología es su visión parcial, ya que consiste únicamente en establecer relaciones entre un producto y un factor productivo. Por tanto, el inconveniente fundamental que plantean estos indicadores es que no analizan la contribución conjunta de todos los inputs a la producción, ni tratan de manera aceptable los procesos multiproductivos. Este problema adquiere especial relevancia en el sector portuario, ya que como se ha mencionado, el producto portuario es variado y en su consecución se utilizan diversos factores productivos. Por ello, es conveniente utilizar medidas que recojan la relación que existe entre producción y factores de una manera global.

De este modo, surgen los estudios de la productividad total de los factores (PTF) que construyen un índice que refleja la contribución de todos los factores que intervienen en el proceso productivo a la obtención de todos los productos. La primera aplicación de esta metodología al ámbito portuario es la de Kim y Sachish (1986), quienes tras analizar la estructura de la producción, el cambio técnico y la productividad del puerto de Ashdod (Israel) obtienen que la PTF creció debido fundamentalmente al progreso técnico y, en menor medida, al efecto de las economías de escala. Una década más tarde, Martínez Budría et al. (1998) analizan una función de costes y la productividad total de los factores en el ámbito de las sociedades estatales de estiba. Atribuyen el crecimiento de la PTF fundamentalmente al cambio técnico-organizativo y, en menor medida, a cambios en los costes asociados a incrementos en la producción. Martín (2002) utiliza un índice Malmquist para calcular el avance en la productividad de los puertos españoles y descomponerlo en cambio técnico y cambio en la eficiencia técnica. Obtiene que la productividad de los puertos españoles en la década de los años 90 creció como consecuencia del efecto combinado del progreso técnico y de un retroceso en la eficiencia técnica. Díaz (2003) atribuye la mejora de la productividad que experimenta el sector de la manipulación de mercancías en los puertos españoles al progreso tecnológico y también, aunque en menor medida, al aprovechamiento de las economías de escala.

El análisis de la productividad desde un punto de vista ingenieril surge como un intento de tener en cuenta el resultado potencial que no ha explotado la empresa y que, por tanto, le podría servir como fuente para incrementar su productividad. Este enfoque calcula un estándar que refleja la capacidad de una empresa para explotar todo su potencial y compara este estándar con el resultado alcanzado por la empresa. Utilizando este enfoque, Sachish (1996), tras analizar dos puertos de Israel entre los años 1966-1990, concluye que los principales factores que afectan a la productividad son el nivel de actividad y la inversión en capital. Por su parte, De Neufville y Tsunokawa (1981) analizan la productividad de cinco puertos de contenedores en EE.UU. en los años 1970-1978. De los resultados se desprende que la productividad de los puertos aumenta con el tamaño y que existen significativas economías de escala, lo que les lleva a recomendar promover las inversiones en los grandes centros de carga y a tener precaución al invertir en los puertos pequeños.

Al mismo tiempo, aparece una generación de estudios basada en medidas formales de eficiencia, cuyo origen se remonta al trabajo de Chang (1978-b). Este trabajo puede considerarse como el punto de partida en la estimación de las funciones de producción en el ámbito portuario y, de alguna manera, abre el camino a la estimación de las fronteras de producción. Sin embargo, en los años

siguientes no se desarrolla esta línea de investigación, sino que predomina el uso de indicadores. Es a mediados de la década de los 90 cuando la literatura sobre eficiencia, que ya se había aplicado a numerosos sectores de actividad económica, se introduce en el sector portuario.

A pesar de que esta metodología aún no ha generado muchas publicaciones, la diversidad de enfoques adoptados pone de manifiesto una escasez de consenso en la determinación del método que mejor se adapta y define la compleja realidad del sector portuario. Las principales contribuciones de los estudios sobre eficiencia portuaria se resumen en las tablas 6.1 (enfoque paramétrico) y 6.2 (enfoque no paramétrico), donde se aprecian algunas tendencias claras.

A continuación se presentan los resultados de la revisión realizada, comenzando por detallar los objetivos de las investigaciones (apartado 6.2). El sector que cada autor estudia se muestra en la sección 6.3 y la metodología empleada en la sección siguiente. La aproximación que se utiliza en cada trabajo para definir los productos y los factores productivos se detalla en los apartados 6.5 y 6.6, respectivamente. El objetivo de la sección 6.7 es mostrar cómo se ha tratado, en el ámbito portuario, la cuestión de las variables que condicionan el entorno en que operan las empresas. Finalmente, se ofrece un apartado de resumen y conclusiones.

6.2. Objetivos de los trabajos

El interés de los trabajos que analizan la eficiencia portuaria es variado y va desde establecer una relación entre la eficiencia y el tipo de propiedad y de gestión los puertos, hasta generar rankings de puertos a efectos de establecer comparaciones, pasando por evaluar el impacto de los procesos de reforma portuaria sobre la eficiencia.

Cullinane, Song y Gray (2002) analizan la estructura administrativa y de propiedad de los 15 principales puertos de contenedores de Asia. Calculan una frontera estocástica de producción que aplican tanto a datos de panel (1989-1998) como de corte transversal, comparando los resultados obtenidos en cada caso.

La finalidad del trabajo de Valentine y Gray (2001) también es determinar si existe una relación entre el tipo de propiedad y de estructura de los puertos y su eficiencia. Tras clasificar los 21 puertos internacionales que componen la

muestra de corte transversal en una matriz que refleja ambas características, aplican el *DEA* para calcular los índices de eficiencia de cada grupo.

Otro estudio que centra su interés en la relación que existe entre tipo de propiedad y eficiencia es el de Liu (1995). Los puertos británicos aparecen como un caso de estudio relevante pues coexisten varios tipos de propiedad. Aplica un frontera estocástica de producción a una muestra formada por 28 puertos británicos (1983-1990) y, en una segunda etapa, regresa los índices de eficiencia obtenidos frente a las variables que podrían estar condicionando la eficiencia, entre las que se encuentra una variable binaria que refleja el tipo de propiedad.

El propósito del trabajo de Notteboom, Coeck y Van den Broeck (2000) es analizar la eficiencia técnica de las principales terminales de contenedores europeas. A efectos de ubicar los resultados en un contexto internacional, incorporan las cuatro mayores terminales asiáticas. Con los resultados obtenidos investigan acerca de algunos factores que la literatura portuaria considera que afectan a la eficiencia de las operaciones, como que las terminales grandes son más eficientes que las pequeñas, o que las situadas en puertos *hub* son más eficientes que las ubicadas en puertos *feeder*, o que las privadas son más eficientes que las públicas, o que las terminales de los puertos del norte de Europa son más eficientes que las de los puertos del sur europeo.

Mostrar la utilidad de las medidas de eficiencia en la promoción de un sistema de competencia por comparación es el propósito principal de Estache, González y Trujillo (2002). Para ello estiman la influencia que la reforma portuaria de 1993 ha tenido sobre la eficiencia técnica de los puertos mexicanos, centrándose el análisis en 11 Autoridades Portuarias entre los años 1996 y 1999.

Evaluar el impacto de los cambios en la regulación portuaria es un propósito común a varios trabajos. Pestana (2003) trata de averiguar si los incentivos introducidos por la regulación portuaria portuguesa han logrado incrementar la eficiencia. Sobre una muestra de cinco puertos, analiza la eficiencia técnica y asignativa en los años 1999 y 2000 empleando un *DEA*. Martín (2002) evalúa los efectos que las reformas del sistema portuario español han tenido sobre la eficiencia técnica y la productividad. Para ello aplica un *DEA* que le permite calcular la eficiencia técnica de las 27 autoridades portuarias españolas en el periodo 1990 a 1999. Asimismo, calcula un índice Malmquist que permite determinar si ha habido avances de la productividad y descomponerlos separando el progreso técnico de la mejora en la eficiencia. Estimar y descomponer la productividad es también el objetivo que persigue Díaz (2003), utilizando una metodología paramétrica para valorar el impacto de la reforma

organizativa que experimenta el sector de la estiba (manipulación de mercancía) en España entre los años 1990 y 1998.

El sistema portuario español es objeto de estudio en otros cuatro trabajos. Coto Millán, Baños Pino y Rodríguez Alvarez (2000) analizan, a través de una frontera de costes (modelo de efectos fijos), la eficiencia económica de las 27 autoridades portuarias en los años 1985-1989. En una segunda etapa tratan de averiguar si el tipo de organización y el tamaño del puerto pueden explicar las diferencias observadas en los índices de eficiencia económica.

Contemplando las mismas autoridades portuarias, pero abarcando un horizonte temporal más amplio, Baños Pino, Coto Millán y Rodríguez Alvarez (1999) se proponen mostrar que existe evidencia de la dificultad con que se enfrentan los puertos para ajustar a corto plazo el factor capital. Combinan dos metodologías para medir la sobrecapacidad del stock de capital: frontera de costes y función de distancia orientada al input.

Martínez Budría, Díaz Armas, Navarro Ibáñez y Ravelo Mesa (1999) aplican un *DEA* a una muestra de 26 Autoridades Portuarias observadas durante los años 1993 a 1997 con la finalidad de analizar su eficiencia relativa. Para efectuar una comparación correcta entre los puertos los clasifican en cuatro categorías de acuerdo con su complejidad. Idéntica finalidad persiguen Bonilla, Medal, Casasús y Sala (2002), aunque el estudio se reduce a 23 autoridades portuarias (primero unen dos autoridades portuarias y, de las 26 restantes eliminan las tres unidades más influyentes) entre los años 1995 y 1998. Además aplican un análisis *bootstrap* para obtener intervalos de confianza de los resultados de eficiencia.

El objetivo de Tongzon (2001) es proporcionar una respuesta satisfactoria a la realización de comparaciones internacionales de eficiencia. Centrándose en puertos de contenedores en el año 1996, aplica el *DEA* para calcular índices de eficiencia de cuatro puertos australianos, que compara con otros 12 puertos internacionales.

Una muestra de puertos internacionales es también empleada por Millington (1998) para estudiar la eficiencia relativa de terminales portuarias de carbón, para lo cual aplica varios modelos de frontera y de *DEA* en diversos periodos temporales (1989-1996; 1992-1996).

Por último, Roll y Hayuth (1993) aplican un *DEA* a datos simulados con el propósito de poner de manifiesto la idoneidad de este método en la medida de la

eficiencia portuaria, y la utilidad de los índices de eficiencia para que los investigadores y administradores portuarios puedan ejercer un control sobre la actividad de los operadores portuarios, así como para proponer vías de mejora de la eficiencia.

6.3. Sector analizado

La heterogeneidad de las actividades que tienen lugar en los puertos (que van desde operaciones complejas como puede ser la carga o descarga de la mercancía, hasta algo más simple como puede ser el amarre de los barcos) dificulta la consideración de la industria portuaria como un todo, al menos cuando se trata de estimar funciones de producción o costes, siendo, por tanto, preferible centrar el análisis en una actividad concreta.

En algunos de los trabajos revisados no se aclara con precisión cuál es la actividad cuya eficiencia se analiza. Esto introduce cierto grado de confusión, ya que si bien en algunos casos se afirma que se está estudiando la eficiencia del sistema portuario, los datos empleados parecen indicar que lo que en realidad se está evaluando es la eficiencia de los servicios de prestación de infraestructura a los buques o a la carga por parte de las autoridades portuarias. Por tanto, se aprecia que algunos autores usan el concepto de puerto como sinónimo de autoridad portuaria. Sin embargo, esta última tan sólo es un agente más de los muchos que operan en los puertos.

Por ejemplo, Tongzon (2001) trata de medir la eficiencia de los servicios portuarios en sentido amplio, incluyendo la manipulación de mercancía, aunque como no dispone de datos relativos a los trabajadores implicados en esta última operación, utiliza como aproximación los trabajadores de las autoridades portuarias, que no participan en el manejo de la carga. Liu (1995) y Roll y Hayuth (1993) parten del reconocimiento de que el proceso de producción portuario es complejo y, por tanto, consideran la actividad portuaria en un sentido amplio, sin más especificaciones.

El trabajo de Martín (2002) se presta a confusión, en el sentido de que expresa que su objeto de análisis es la actividad global de un puerto y, sin embargo, la unidad de análisis seleccionada es la autoridad portuaria. Por otro lado, para medir el factor trabajo incorpora tanto los trabajadores de la autoridad portuaria (unidad de análisis) como los estibadores portuarios (trabajadores que participan directamente en el proceso de manipulación de la carga), que forman parte de la plantilla de dos agentes diferentes: las empresas estibadoras (encargadas de

efectuar las labores de carga y descarga) y sociedades estatales de estiba y desestiba (dedicadas a proporcionar trabajadores a las empresas estibadoras bajo un régimen especial).

Por el contrario, Martínez Budría et al. (1999) y Bonilla et al. (2002) manifiestan explícitamente que la actividad que están estudiando es la desarrollada por las autoridades portuarias. Su argumento es que como están encargadas de la planificación y gestión de la infraestructura portuaria y además regulan las condiciones en que se desarrollan otros servicios portuarios, su eficiencia condicionará en gran medida la eficiencia de los puertos globalmente considerados. Otros trabajos que son muy claros en la determinación de la actividad analizada son los de Millington (1998) y Notteboom et al. (2000), terminales portuarias de exportación de carbón y de contenedores, respectivamente.

Díaz (2003), más que considerar la actividad de una empresa, analiza el sector de la estiba en su conjunto. En esta actividad operan agentes suministradores de mano de obra (sociedades estatales de estiba y desestiba, empresas estibadoras y empresas de trabajo temporal) y agentes que proporcionan los equipos de capital (autoridades portuarias y empresas propietarias de las grúas).

6.4. Metodología

Los enfoques utilizados para evaluar la eficiencia se distribuyen equitativamente entre fronteras estocásticas y *DEA*, lo que pone de manifiesto la escasez de consenso para determinar el tipo de enfoque que mejor refleja la tecnología portuaria. La diversidad de los métodos empleados es bastante amplia y varía en función de los supuestos e hipótesis que cada uno de ellos contemplan.

Las técnicas utilizadas para estimar las fronteras paramétricas van desde máxima-verosimilitud hasta mínimos cuadrados generalizados, pasando por variables instrumentales y el estimador intragrupos.

De los trabajos que utilizan fronteras estocásticas, cuatro estiman una frontera de producción para calcular la eficiencia técnica (Liu, 1995; Notteboom et al., 2000; Estache et al., 2002; y Cullinane et al., 2002). Tres estudios (Díaz, 2003; Coto Millán, et al., 2000; y Baños Pino et al., 1999) realizan una cuantificación de la eficiencia económica utilizando una frontera de coste. Solamente en una publicación (Baños Pino et al., 1999) se estima una función de distancia. Puesto que no dispone de los datos necesarios para estimar una función de costes

variables, Millington (1998) supone que el trabajo se emplea en proporciones fijas con los demás inputs, y estima una frontera de requerimiento de trabajo, así como una frontera de coste variable sin precio de los inputs variables, lo que requiere establecer el supuesto de que los precios de los inputs no varían ni entre empresas ni en el tiempo. Notteboom et al. (2000) presenta una aplicación de técnicas bayesianas al ámbito de las fronteras estocásticas.

Una característica que puede observarse al comparar los estudios que requieren la especificación de una función (el enfoque *DEA* no requiere la especificación de formas funcionales), es que en la mayoría de las fronteras estocásticas la forma funcional elegida es la *translog*, aunque el tipo de progreso técnico incorporado (neutral frente a no neutral) varía entre los estudios. Ello pone de manifiesto que en la estimación de la eficiencia del sector portuario se ha seguido la evolución observada, tanto en otros modos de transporte como en otros sectores económicos, hacia las denominadas formas funcionales flexibles. Estas han sido propuestas por la literatura como una forma de superar los inconvenientes asociados a algunas propiedades restrictivas que presenta la función *Cobb-Douglas*. Otra forma funcional flexible empleada es la cuadrática (Díaz, 2003), que admite la posibilidad de que aparezcan ceros en el vector de productos, lo que ocurre con frecuencia en las actividades multiproductivas.

Dentro del enfoque no paramétrico cabe destacar que Martínez Budría et al. (1999) utilizan la metodología propuesta por Banker, Charnes y Cooper (1984) para tener en cuenta las economías de escala. Bonilla et al. (2002), Millington (1998) y Tongzon (2001) emplean el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978); éste último también aplica el modelo aditivo para efectuar una comparación de los resultados obtenidos bajo ambos enfoques que permita contrastar el tipo de las economías de escala. Martín (2002) utiliza el modelo propuesto por Banker y Morey (1986), pues es el que mejor se ajusta a las hipótesis establecidas en el modelo, permitiendo calcular las ineficiencias de escala. La explicación de la metodología que realizan Pestana (2003) y Valentine y Gray (2001) es muy limitada y no aclaran el modelo empleado.

6.5. Productos

En el ámbito del transporte la naturaleza multiproductiva del sector es, desde hace años, ampliamente reconocida. Como ejemplo cabe citar al sector ferroviario, donde claramente se han distinguido dos productos: pasajeros y mercancía. Sin embargo, quizás el hecho de que en el sector portuario tenga mucha más relevancia el tráfico de mercancías que el de pasajeros, ha

condicionado que la consideración de la actividad multiproductiva en este sector haya tenido una menor trascendencia.

Esta concepción tan simplificadora de la industria portuaria ha cambiado en la última década, en la que han surgido una serie de investigaciones que parten del reconocimiento explícito del carácter multiproductivo de los diferentes negocios portuarios. No se trata sólo de admitir la importancia del tráfico de pasajeros, sino de reconocer que la especialización de la carga lleva consigo requerimientos tan específicos (infraestructura y equipos muy especializados), que algunos tipos de mercancía deben considerarse como productos separados. Sin embargo, aún son pocas las publicaciones en tal sentido, sobre todo si se compara con el volumen de trabajos efectuados en otros sectores.

La definición del producto portuario depende del servicio que se considere. Por ejemplo, si se analiza la actividad de remolque, el producto serán los buques remolcados, los cuales pueden medirse en unidades físicas o en unidades de arqueo. Si, por el contrario, se estudia una terminal especializada en contenedores, éste será el producto a considerar, que puede ser medido en tres unidades: en términos de la mercancía que transportan (toneladas), en función de su tamaño (TEU's) o atendiendo a los movimientos realizados (número).

En los trabajos revisados no hay uniformidad en el tratamiento del producto. Aunque en la mayoría se reconoce que el sector portuario es multiproductivo, no siempre se refleja esta característica. A veces, los datos disponibles no lo permiten (Estache et al. 2002). En otros casos se procede a agregar las diferentes modalidades de carga. Coto Millán et al. (2000), siguiendo a Martínez Budría (1996), tras ponderar, agregan tres componentes de la actividad portuaria: toneladas de bienes movidas por el puerto, pasajeros embarcados y desembarcados y número de vehículos con pasajeros. Otros trabajos miden el producto portuario a partir de las toneladas de mercancías manipuladas, en total (Baños Pino et al., 1999) o en un tráfico concreto, como por ejemplo, contenedores, si la actividad que se está analizando se dedica exclusivamente a ellos, como es el caso de las terminales de carga y descarga de contenedores (Cullinane et al., 2002 y Notteboom et al., 2000). Aún así, dentro de una terminal de contenedores cabe distinguir productos diferenciados. Por ejemplo, los contenedores rodantes que, a diferencia de los contenedores tradicionales, no requieren el uso de grúas, sino que entran o salen del buque a través de una rampa, bien por sus propios medios, o bien empleando algún elemento de remolque.

Si bien inicialmente Tongzon (2001) considera la naturaleza multiproductiva del sector portuario, finalmente opta por una medida simple de la producción, debido a que los resultados obtenidos al contemplar dos productos son poco realistas.

En lo referente a la medición del producto caben dos alternativas: en términos de la cantidad física de mercancías que manipulan o en función de los ingresos que estas mercancías proporcionan a los puertos (o a las empresas portuarias). La primera alternativa es seguida por todos los estudios excepto dos. Liu (1995) opta por medir el producto en términos de facturación, es decir, como las cantidades recibidas de terceros relacionadas con los servicios portuarios, excluyendo los ingresos por venta de bienes. Este enfoque parte del supuesto de que los puertos británicos son altamente competitivos y, por esta razón, las tarifas portuarias se fijan de acuerdo a los costes; de este modo, la facturación será un buen reflejo del producto. Martínez Budría et al., (1999) también consideran esta opción para definir uno de los componentes del vector de producción multiproducto.

En el ámbito de las fronteras estocásticas, sólo dos trabajos recogen varios productos. Díaz (2003) diferencia entre tres tipos de carga que, por su naturaleza, imponen diferentes métodos de manipulación: mercancía contenerizada, mercancía general convencional y granel sólido que no requiera instalaciones especiales para su descarga. Millington (1998) considera dos productos: carga total y carga por hora, como medida de la calidad con que se presta el servicio.

Todos los estudios que aplican el *DEA* reflejan el carácter multiproductivo de la actividad portuaria (solamente dos fronteras estocásticas recogen esta posibilidad), observándose diferentes posibilidades de modelización. El trabajo que mayor cantidad de productos diferencia es el de Pestana (2003): número de barcos, arqueo de los mismos, mercancía total, cuota de mercado, carga contenerizada, tráfico rodante, granel líquido, granel sólido, e ingreso neto.

Martínez Budría et al. (1999) consideran que la naturaleza multiproductiva de la actividad portuaria queda bien representada con dos variables: la mercancía total movida en los muelles, que tiene en cuenta la actividad de prestación de infraestructura y los ingresos obtenidos por el alquiler de instalaciones portuarias, que mide la capacidad de los puertos para atraer actividad económica.

Tabla 6.1. Medidas de eficiencia en el sector portuario: enfoque paramétrico

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método estimación (5)	Medida de eficiencia (6)
Liu (1995)	(D)	Panel de datos UK (28) 1983-1990	FEP	<i>Translog</i> Cambio tecnológico neutral y no neutral	$Y_2(X_1, X_2, T)$ $E(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)$	Modelo 1: MCO, ML Model 2: Within, MCG, ML	Eficiencia técnica 1983-1990 Mod 1 (ML): 78,0 Mod 2 (MCG): 76,9 Mod 2 (ML): 68,3 Mod 2 (ML, con T): 69,7
Millington (1998)	(B)	Panel de datos INT (12) 1989-96 AUS (3) 1992-96	FERL FECVS	<i>Translog</i> <i>Translog</i>	$X_1(Y_1, Y_3, X_3, T)$ $CV(Y_1, Y_3, Y_5, X_3, T)$	ML ML	Eficiencia media 1989-1996 FERL 76,7 FECVS 73,1
Baños Pino et al. (1999)	(A)	Panel de datos ES (27) 1985-1997	FEC FD	<i>Translog</i> Efectos temporales	$CV(Y_1, X_3, W_1, W_2, W_3, T)$ $D(Y_1, X_1, X_2, X_3, X_4, T)$	Variables instrumentales	Eficiencia técnica 1985-1997 Máximo: 100 Mínimo: 15 Media: 41
Coto Millán et al. (2000)	(A)	Panel de datos ES (27) 1985-1989	FEC Efectos fijos	<i>Translog</i> Cambio tecnológico no neutral	$CT(Y_1, W_1, W_2, W_3, T)$ $E(X_3, Z_3)$	Within	Eficiencia económica 1985-1989 Máximo: 100 Mínimo: 11 Media: 33
Notteboom et al. (2000)	(B)	Corte transversal EU (36), ASIA (4) 1994	FEP	<i>Cobb-Douglas</i>	$Y_6(3X_3)$	-	Eficiencia técnica 1994 Pooled 36 terminales 77,0 Pooled 40 terminales 78,6
Estache et al. (2002)	(A)	Panel de datos MEX (11) 1996-1999	FEP	<i>Translog</i> <i>Cobb-Douglas</i>	$Y_1(X_1, X_3)$	ML	Eficiencia técnica 1996-1999 Media: 50,5 Tasa crecto anual: 3,3
Cullinane et al. (2002)	(B)	Panel de datos ASIA (15) 1989-1998	FEP	<i>Cobb-Douglas</i>	$Y_6(3X_3)$	ML	Eficiencia técnica 1989-1998 Seminormal: 67,4 Exponencial: 73,1 Normal truncada: 67,9
Díaz (2003)	(B)	Panel de datos ESP (21) 1990-1998	FEC	Cuadrática	$CT(2Y_1, Y_6, W_1, W_2, T)$	SURE	Eficiencia media: 1990-1998 Técnica 90,6 Asignativa 95,1 En costes 86,1

(1) Entre paréntesis tipo de actividad A: provisión de infraestructura por autoridad portuaria; B: manipulación de mercancía; C: Confuso; D: sin especificar.

(2) Entre paréntesis el número de puertos. UK: Reino Unido; ES: España; MEX: México

(3) FEP: Frontera estocástica producción; FEC: Frontera estocástica coste; FD: Función distancia; FERL: Frontera estocástica requerimiento trabajo; FECVS: Frontera estocástica coste variable sin precio inputs

(4) CT: Coste total; CV: Coste variable; D: Distancia; E: Índice de eficiencia; Y_1 : Producción (mercancía); Y_2 : Producción (facturación servicios); Y_3 : Nivel servicio (contenedores ó mercancía/hora);

Y_4 : Satisfacción usuario; Y_5 : Barcos llegados; Y_6 : Contenedores; X_1 : Factor trabajo; X_2 : Factor capital (unidades monetarias); X_3 : Factor capital (unidades físicas); X_4 : Inputs intermedios;

X_5 : Uniformidad de mercancía; X_6 : Tiempo espera; W_1 : Precio trabajo; W_2 : Precio capital; W_3 : Precio inputs intermedios; T: Tendencia o dummy temporal; Z_1 : Tamaño del puerto/área terminal;

Z_2 : Localización del puerto; Z_3 : Propiedad del puerto; Z_4 : Intensidad del capital.

(5) MCO: Mínimos cuadrados ordinarios; ML: Máxima verosimilitud; MCG: Mínimos cuadrados generalizados.

(6) Medidas en porcentaje; en algunos casos calculadas a partir de los resultados publicados.

Tabla 6.2. Medidas de eficiencia en el sector portuario: enfoque no paramétrico

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Variables (3)	Método estimación (4)	Medida de eficiencia (5)
Roll y Hayuth (1993)	(D)	Corte transversal Hipot éticos	$Y_1, Y_3, Y_4, Y_5, X_1, X_2, X_5$	-	Eficiencia relativa media 1993 Total puertos: 78,2 Puertos región 1: 93,4 Puertos región 2: 86,1
Millington (1998)	(B)	Pool de datos INT (12) 1989-96	Y_1, Y_3, X_1, X_3	CCR	Eficiencia media 1989-1996 76,6
Martínez Budría et al. (1999)	(A)	Panel de datos ES (26) 1993-1997	Y_1, Y_2, X_1, X_2, X_4	BCC	Eficiencia media global 1993-1997 Grupo I: 88,7 Grupo II: 80,1 Grupo III: 85,7
Tongzon (2001)	(C)	Corte transversal INT(16) 1996	$Y_3, Y_6, X_1, 4X_3, X_6$	CCR Aditivo	Eficiencia media 1996 CRS: 59,5 VRS: 93,1
Valentine y Gray (2001)	(D)	Corte transversal INT (21) 1999	Y_1, Y_6, X_2, X_3	-	Eficiencia relativa 1999 Máximo: 100,0 Mínimo: 18,0 Media: 57,2
Martín (2002)	(C)	Panel de datos ES (27) 1990-1999	$2Y_1, 2X_1, 2X_3, X_4$	BM	Eficiencia media 1990: 38,8 1999: 40,3
Bonilla et al. (2002)	(A)	Panel de datos ES (26) 1995-1998	$3Y_1, X_3$	CCR	Eficiencia media 1995-1998 26 autoridades portuarias: 57,4 23 autoridades portuarias: 76,4
Pestana (2003)	(A)	Panel de datos P (5) 1999-2000	$5Y_1, Y_2, 2Y_5, Y_6, Y_7, X_1, X_2$ W_1, W_2	-	Eficiencia económica media CRS: 71,3 VRS: 88,1

(1) Entre paréntesis tipo de actividad A: provisión de infraestructura por autoridad portuaria; B: manipulación de mercancía; C: Confuso; D: sin especificar.

(2) Entre paréntesis el número de puertos. ES: España; AUS: Australia; P: Portugal; INT: Internacional

(3) Y_1 : Producción (mercancía); Y_2 : Producción (facturación servicios); Y_3 : Nivel servicio (contenedores/hora movidos); Y_4 : Satisfacción usuario; Y_5 : Barcos llegados; Y_6 : Contenedores; Y_7 : cuota de mercado

X_1 : Factor trabajo; X_2 : Factor capital (unidades monetarias); X_3 : Factor capital (unidades físicas); X_4 : Inputs intermedios; X_5 : Uniformidad de mercancía;

X_6 : Tiempo espera; X_7 : Costes operativos; W_1 : precio trabajo; W_2 : precio capital.

(4) BCC: Banker, et al., 1984; CCR: Charnes et al., 1978; BM: Banker y Morey (1986).

(5) Medidas en porcentaje, en algunos casos calculadas a partir de los resultados publicados. CRS: Rendimientos constantes de escala; VRS: Rendimientos variables de escala.

Para Roll y Hayuth (1993) el carácter multiproductivo de la actividad desarrollada en los puertos queda definido a través de los siguientes factores: carga total ponderada (de manera que se refleje el esfuerzo necesario para mover una tonelada de cada tipo); nivel de servicio (ratio entre tiempo de manipulación y tiempo total que un barco permanece en puerto); satisfacción del usuario (medida a través de una encuesta); y número de barcos que visitan el puerto en el año.

Valentine y Gray (2001) caracterizan el producto portuario a través de la cantidad total de mercancía y del número de contenedores que mueven los puertos, mientras que Martín (2002) diferencia entre granel sólido y mercancía general. Por último, Bonilla et al. (2002) diferencian entre granel sólido, granel líquido y mercancía general.

6.6. Factores productivos y sus precios

Los factores productivos capital y trabajo forman parte de casi todas las aplicaciones empíricas analizadas, si bien la manera de definirlos difiere entre ellas. Existe amplio consenso entre los autores en la forma de aproximar el factor trabajo, como lo pone de manifiesto el hecho de que la mayoría de los autores utilizan el número de empleados para medir este factor; algún trabajo (Díaz, 2003) cuantifica el trabajo a partir de las horas trabajadas. La excepción se encuentra en los trabajos de Liu (1995) y Martínez Budría et al. (1999), que consideran que el valor total de los pagos salariales es una buena medida del trabajo. Tanto Cullinane et al. (2002) como Notteboom et al. (2000) no incorporan el trabajo entre los factores productivos. El argumento esgrimido por Notteboom et al. (2000) es que existe una relación fija entre el número de grúas y el número de trabajadores portuarios de una terminal de contenedores, por lo que suponen que el factor capital, de alguna manera, incorpora una medida del factor trabajo.

En la estimación del factor capital se aprecia una mayor diversidad. Liu (1995) y Pestana (2003) lo definen como el valor neto del capital fijo, calculado incluyendo tierra, edificios, dragado, estructura de muelles, carreteras, plantas y equipos. Activos portuarios (sin más especificación) y muelles son las variables empleadas por Valentine y Gray (2001) para definir el capital. Roll y Hayuth (1993) consideran que el capital está formado por el capital total invertido, en media anual, en el puerto y sus instalaciones. Martínez Budría et al. (1999) aproximan esta variable por los gastos de depreciación. Baños Pino et al. (1999)

diferencian dos tipos de capital: uno variable, aproximado como un porcentaje del valor neto, y otro cuasi-fijo, definido como el número de metros lineales de muelle. Esta última aproximación también es utilizada por Coto Millán et al. (2000) y por Martín (2002) para definir el factor capital; este último estudio incorpora además la superficie destinada a depósito de las mercancías. Estache et al. (2002) utilizan la superficie concesionada a las APIs. Cullinane et al. (2002) y Notteboom et al. (2000) incorporan tres medidas de capital: muelles, superficie y grúas. Tongzon (2001) incluye además de los anteriores el número de remolcadores y las áreas de terminales, que representan el factor tierra. El trabajo de Millington (1998) es el único que utiliza una medida de capacidad para definir el factor capital: la tasa de ocupación de los muelles (medida en toneladas) que no crea congestión y que asume que la terminal opera 24 horas al día todos los días del año. Puesto que Díaz (2003) analiza el sector de la estiba, su medida de capital está basada en el tiempo de utilización de grúas.

Otros factores productivos incluidos en la función de producción son: otros gastos, que representa los inputs y servicios intermedios (Martínez Budría et al., 1999; Martín, 2002); energía, que recoge gastos en consumos, trabajos externos y otros gastos corrientes, que no son ni de explotación ni de personal (Baños Pino et al., 1999); y la uniformidad de la carga, que trata de recoger la especialización de los puertos a través del coeficiente de variación de los distintos tipos de mercancía (Roll y Hayuth, 1993). Tongzon (2001) añade una variable de calidad medida a través del tiempo de espera. Es de destacar, por su escasa concreción, el trabajo de Bonilla et al. (2002), quienes exponen que el input considerado con los equipos disponibles.

Tres trabajos estiman funciones de coste: Baños Pino et al. (1999), Coto Millán et al. (2000) y Díaz (2003). En ellos, el precio del trabajo se obtiene dividiendo el coste laboral total entre el número de empleados (Díaz, 2003 divide entre las horas trabajadas); sin embargo se aprecian diferencias en la determinación del precio del capital. Mientras para Coto Millán et al. (2000) una aproximación razonable la constituye el ratio entre la amortización del periodo y la longitud de muelles, Baños Pino et al. (1999) utilizan el ratio de la inversión realizada en un año sobre la inversión del año previo, y Díaz (2003) divide el gasto agregado por la utilización de grúas entre el tiempo de uso de dichas grúas. La medida del factor capital y su precio también está presente en otros trabajos, cuyo interés no reside en evaluar la eficiencia portuaria, sino obtener una estimación de los costes en el sector. Un ejemplo, lo constituye la investigación de Jara-Díaz et al. (1997), en la que el precio del capital se define como el cociente entre los gastos de depreciación y los metros lineales de muelle con calado superior a cuatro metros, realizando un ajuste de este indicador para obtener un precio económico

en vez de un precio contable. Coto Millán et al. (2000) y Baños Pino et al. (1999) estiman el precio de los inputs intermedios a partir del cociente entre costes de consumo, trabajos externos, servicios y otros costes y la actividad portuaria, medida como las toneladas de mercancía total manipulada por el puerto. El único trabajo no paramétrico que incorpora el precio de los factores (trabajo y capital) es el de Pestana (2003). El precio del trabajo está obtenido de la forma tradicional y el precio del capital se calcula dividiendo el gasto en equipos y edificios entre el valor contable de los activos físicos.

6.7. Otras variables

Varios atributos pueden considerarse para representar la heterogeneidad propia del sector portuario. Tales variables se utilizan como una aproximación a factores institucionales o a aspectos característicos del mercado. Dos trabajos incorporan estos factores. Liu (1995) emplea cuatro variables: la propiedad (puertos privados, trust y municipales); el tamaño de los puertos (grande, mediano o pequeño); la localización (costa este y sur y resto de las costas); la intensidad de capital (ratio entre el valor neto del capital fijo y el valor total de los pagos salariales). Las dos variables utilizadas por Coto Millán et al. (2000) son una variable binaria, que trata de recoger la influencia del tipo de organización (puertos autónomos y resto de puertos), y el tamaño del puerto, que se refleja en la longitud de muelle con calado superior a cuatro metros.

En general, estas variables se han utilizado para medir la intensidad con que estos factores influyen en la eficiencia de los puertos. Para ello realizan en una segunda etapa una regresión de los índices de eficiencia obtenidos en la primera etapa y los factores que se considera que influyen en la eficiencia.

Aunque intuitivamente es bastante atractiva, la idea de usar estas variables para explicar la eficiencia en una segunda etapa, ha sido ampliamente criticada (Kumbhakar, Ghosh y McGuckin, 1991; Reifschneider y Stevenson, 1991; Battese y Coelli, 1995) por los inconvenientes expuestos en la sección 5.6. La solución propuesta consiste en especificaciones en las que los efectos de la ineficiencia se definen como una función de los factores específicos de las empresas que se considera que influyen en la eficiencia, de tal modo que la estimación se realiza en una sola etapa.

6.8. Resultados

Las medidas de eficiencia obtenidas en las investigaciones presentadas no son estrictamente comparables entre sí, ya que además de utilizar diferentes enfoques teóricos, contemplan distintos horizontes temporales y puertos pertenecientes a distintos países y actividades diferentes. Incluso aquellos trabajos que estudian la eficiencia de un mismo país, como puede ser el caso de las investigaciones sobre los puertos españoles, no son comparables pues el período temporal contemplado no es el mismo. A pesar de ello se resumen en la última columna de las tablas 6.1 y 6.2, pues de alguna manera pueden ser tomadas como indicadores de los resultados que cabe esperar en los distintos puertos en las diferentes épocas. Además, pueden servir como punto de partida para comparar con investigaciones posteriores los cambios en la eficiencia.

Cuando establecen la comparación solamente entre puertos, Cullinane et al. (2002) obtienen como resultado principal que la eficiencia de un puerto o terminal está directamente relacionada con su tamaño; sin embargo, si la comparación incorpora además un componente temporal, los resultados no son concluyentes. En cualquier caso, encuentran evidencia de que el paso de un sistema de propiedad pública a otro de propiedad privada mejora la eficiencia económica de los puertos, lo que justifica de alguna manera ciertos programas desarrollados en los puertos asiáticos que tratan de captar inversiones privadas, tanto en las instalaciones existentes como en las nuevas. Finalmente, concluyen que el grado de desregulación ejerce una influencia positiva en la eficiencia portuaria.

Valentine y Gray (2001) reconocen que sus resultados serían más robustos si hubieran considerado diferentes tipos de carga. Insisten en la necesidad de incluir variables homogéneas para todos los puertos como el tamaño del puerto, la longitud de los muelles, o la función principal del puerto. En relación a la valoración de los activos, creen que la diferencia de valor de la tierra entre los puertos orientales y occidentales puede ser un factor crucial que explique por qué los primeros puertos del ranking de eficiencia están ocupados por puertos asiáticos. Para solventar esta cuestión proponen incluir variables como Producto Interior Bruto que permitan realizar una comparación mejor entre puertos de diferentes países. Encuentran que los puertos más eficientes son aquellos que combinan la propiedad pública con la privada y los menos eficientes los públicos burocráticos.

Sin embargo, los resultados obtenidos de la regresión efectuada en la segunda etapa llevan a Liu (1995) a concluir que no hay un patrón claro de la eficiencia a

favor de un tipo u otro de propiedad; la intensidad de capital tiene poca influencia en la eficiencia; la localización indica que los puertos situados en la costa oeste fueron en media un 11% menos eficientes que el resto; y, por último, el impacto del tamaño es significativo, aunque pequeño.

Tampoco Notteboom et al. (2000) encuentran una relación clara entre estructura de propiedad y eficiencia de las terminales. Otro resultado que obtienen es que el nivel de eficiencia medio de las terminales en puertos hub es mayor que el de las terminales en puertos feeder, aunque con gran dispersión dentro de cada grupo. Por último, sus resultados no apuntan a que las terminales más pequeñas sean menos eficientes que las más grandes.

En la misma línea se pronuncia Tongzon (2001). A través de la aplicación del *DEA*, confirma la relevancia del grado de utilización del capital y el trabajo en las estimaciones de eficiencia, al mismo tiempo que encuentra que el tamaño y tipo de puerto no son factores determinantes en el grado de eficiencia portuaria (dentro de los puertos más eficientes se encuentran tanto grandes puertos *hubs*, como pequeños *feeders*).

Tras obtener una tasa media anual de crecimiento de la eficiencia de los puertos mexicanos del 5-6%, Estache et al. (2002) concluyen que la reforma portuaria acometida a comienzos de los 90 produjo efectos positivos prácticamente en todos los puertos. Sugieren, por tanto, que las reformas que persiguen promover el grado de autonomía en la gestión de los puertos pueden generar mejoras importantes en el funcionamiento del sector. Ponen de manifiesto la necesidad de mejorar los sistemas de recogida y publicación de los datos, de manera que puedan ser de utilidad para elaborar estudios sobre la eficiencia del sector.

El modelo de *DEA* aplicado por Martín (2002) muestra que en la década de los años 90 los puertos españoles han experimentado avances en la productividad, que se han basado fundamentalmente en el progreso técnico. Asimismo, detecta una mejora en la eficiencia técnica, que se produce con especial relevancia a partir de 1997. Este resultado lleva a concluir que las reformas portuarias emprendidas en España han permitido mejorar el entorno en el que operan los puertos. Es preciso tomar este resultado con cautela, dada la elección de factores productivos empleados por el autor para explicar la actividad de las autoridades portuarias.

Tras la reforma emprendida en el sector de la estiba, Díaz (2003) encuentra ganancias de productividad en la actividad de manipulación de mercancías en los puertos españoles, inducidas fundamentalmente por mejoras tecnológicas y

también, aunque en menor medida, por el aprovechamiento de las economías de escala. En este sector, la eficiencia asignativa es más alta que la técnica.

También aplicando un *DEA*, Pestana (2003) encuentra que la reforma emprendida por las autoridades portuguesas ha llevado a los puertos a situarse sobre la frontera eficiente. El Puerto de Aveiro representa una excepción al resultado anterior, por lo que propone que la autoridad marítima debe establecer mecanismos de inspección que proporcionen incentivos más explícitos para mejorar la eficiencia. Sin embargo, es preciso tomar los resultados con precaución dado el limitado tamaño de la muestra, tal como el mismo autor reconoce.

Coto Millán et al. (2000) estudian la eficiencia económica de los puertos españoles en la segunda mitad de la década de los 80. En su trabajo llama la atención que los puertos más eficientes son los más pequeños, mientras que los menos eficientes son puertos grandes, algunos de ellos con un elevado grado de autonomía. Este hecho lleva a los autores a investigar si el tamaño del puerto tiene alguna influencia en el grado de eficiencia económica. Los resultados permiten afirmar que el tamaño no es una variable significativa, mientras que el tipo de organización lleva a que los puertos autónomos sean menos eficientes que el resto.

Abarcando un periodo de tiempo más amplio (1985-1997) para el mismo conjunto de puertos y centrándose en la medición de la eficiencia técnica, Baños Pino et al. (1999) concluyen que existe sobrecapitalización en los puertos españoles, fenómeno que disminuye a medida que se incrementa la actividad portuaria. Asimismo, encuentran que el supuesto de minimización de costes no se cumple en la industria portuaria española, por lo que consideran que la función distancia es una alternativa mejor para el estudio de la eficiencia en esta actividad, con la que se alcanzan las mismas conclusiones. Los autores advierten que la heterogeneidad de los puertos analizados obliga a interpretar con precaución los resultados obtenidos.

Para poder alcanzar resultados concluyentes de la aplicación del *DEA*, Martínez Budría et al. (1999), para el periodo 1993-1997, dividen los 26 puertos españoles en tres grupos homogéneos (grande, mediano y pequeño), usando un criterio de complejidad que considera el tamaño del puerto y la composición del vector de producto. Los resultados apuntan a que los puertos de mayor tamaño son, no sólo los de mayor eficiencia, sino los que registran el mayor crecimiento de eficiencia. Los puertos más pequeños se sitúan en segundo lugar en lo que a nivel de eficiencia se refiere, experimentando un considerable descenso de la

misma. Por último, los puertos medianos son los que menor eficiencia ofrecen, aunque la misma ha crecido en el periodo contemplado. Merece la pena señalar que estos resultados contradicen los obtenidos por Coto Millán et al. (2000), y que los índices de eficiencia técnica difieren en una cuantía considerable con los calculados por Martín (2002). Tampoco coinciden los resultados obtenidos por Bonilla et al. (2002) con los anteriores. Estos autores obtienen autoridades portuarias muy eficientes (Barcelona, Castellón, Gijón-Avilés, Tarragona, Valencia y Villagarcía) donde hay puertos grandes y pequeños y lo mismo ocurre entre las menos eficientes (Alicante, Cádiz, Santander y Sevilla). Sin embargo, es preciso tener en cuenta que el periodo temporal y también las metodologías empleadas difieren entre los trabajos.

La principal contribución del ejemplo de aplicación del *DEA* propuesto por Roll y Hayuth (1993) es que la localización influye en la eficiencia portuaria. Tal afirmación procede de la estimación efectuada sobre una muestra de datos hipotéticos de corte transversal formada por 20 puertos.

6.9. Resumen y conclusiones

Si bien los puertos han sido analizados con profusión desde diferentes ópticas, el estudio de la eficiencia y la productividad global es una tarea novedosa que data de comienzos de la década de los años 90.

Tanto los gestores de las empresas portuarias como los agentes reguladores, han estado interesados en establecer rankings de puertos que permitieran establecer comparaciones de la actividad de cada uno de ellos y, así, evaluar su rendimiento. Esta tarea se ha efectuado durante años a través de simples ratios parciales de productividad que, en determinadas ocasiones, han mostrado su utilidad.

Los estudios que realizan estimaciones de la eficiencia y la productividad total de los factores en el ámbito portuario surgen para superar las limitaciones de los indicadores parciales de productividad, que se centran en aspectos específicos de la actividad portuaria y que no tienen en cuenta las posibilidades de sustitución entre factores. Estos trabajos se han aplicado a diferentes países, de todos los continentes, destacando por su cuantía, los que analizan distintos aspectos de los puertos españoles.

El objetivo que persiguen estas investigaciones no se centra solamente en cuantificar la eficiencia para efectuar comparaciones entre puertos, sino que es

muy variado. Una cuestión que despierta el interés de los investigadores es la repercusión de la estructura administrativa y de propiedad de los puertos en la eficiencia. Evaluar el impacto de hechos como reformas institucionales también se encuentra entre los objetivos de varios autores.

Los puertos son organizaciones complejas, donde se dan cita operadores diferentes que desarrollan actividades dispares. Por ello, no es conveniente analizar el puerto como un todo, siendo necesario precisar claramente el sector que se analiza dentro del ámbito portuario. Esta tarea no siempre se realiza y en ocasiones se intenta analizar una actividad portuaria empleando datos relativos a los factores que se utilizan en otros servicios. Las actividades más analizadas son las desarrolladas por las autoridades portuarias y por las terminales de manipulación de carga, fundamentalmente, las de contenedores.

La metodología empleada se distribuye a partes iguales entre métodos no paramétricos, representados por el *DEA*, y paramétricos, básicamente fronteras estocásticas. Dentro de estos últimos predominan las fronteras de producción y de costes; la función de distancia sólo es empleada en un trabajo, que no considera diferentes modalidades de productos, desaprovechándose una de las principales ventajas de este método. La forma funcional empleada en la mayoría de los trabajos es la *translog*, lo que evidencia que el análisis empírico del sector portuario ha apostado por las formas funcionales flexibles.

La mayoría de los autores aproximan el producto a partir de cantidades físicas de mercancía y reconocen el carácter multiproductivo de las actividades portuarias, aunque no siempre lo reflejan y recurren a medidas agregadas. Lo más usual, en lo que a carga se refiere, es distinguir entre mercancía general, granel líquido y granel sólido. Respecto a los factores productivos, trabajo y capital aparecen en casi todos los trabajos. Mientras existe bastante unanimidad en la manera de medir el trabajo, se encuentra mucha diversidad de aproximaciones para evaluar el capital. Poco se ha hecho para incorporar variables que reflejen las particularidades del entorno donde operan los puertos.

Los resultados de eficiencia obtenidos en los diferentes estudios no son comparables entre sí, ya que o bien analizan diferentes países, o bien cuando se trata de los puertos de un mismo país, los sectores considerados o el periodo temporal no coinciden.

Los resultados relativos al tipo de propiedad no son concluyentes. Mientras que para Cullinane et al. (2002) el paso de un sistema de propiedad pública a privada mejora la eficiencia, para Liu (1995) no hay un patrón claro que relacione el tipo

de propiedad con el grado de eficiencia y para Valentine y Gray (2001) los puertos más burocráticos son los menos eficientes.

En relación a los efectos de las reformas portuarias, la evidencia demuestra que en todos los sectores y países analizados se han producido mejoras en la eficiencia (Cullinane, et al. 2002; Estache et al., 2002; Martín, 2002; Pestana, 2003; Díaz, 2003).

Respecto a la relación entre eficiencia y tamaño, Cullinane et al. (2002) afirman que el tamaño de las terminales de contenedores está directamente relacionado con la eficiencia. A una conclusión similar llegan Martínez Budría et al. (1999) tras la aplicación de un *DEA* a las autoridades portuarias españolas. Para ellos las autoridades portuarias de mayor eficiencia son las mayores, las medianas las de menor eficiencia y las autoridades pequeñas se sitúan en una posición intermedia. Este resultado se opone al obtenido por Coto Millán et al. (2000), para quienes existe una relación inversa entre tamaño de un puerto y la eficiencia. Bonilla et al. (2002) concluye que no hay una correspondencia clara entre ambas variables.

En definitiva, dentro de los trabajos analizados y en relación a los objetivos que se persiguen en el capítulo 7 merece la pena resaltar que de los estudios anteriores, nueve incorporan el carácter multiproductivo de la industria portuaria, de los cuales sólo dos utilizan el método paramétrico. El tráfico de contenedores es objeto de análisis en seis trabajos. Tres trabajos aúnan ambos aspectos (multiproducción y contenedores), de los cuales dos emplean el *DEA* y uno una frontera estocástica de costes, analizándose en este último caso la actividad de manipulación de mercancía. Las variables del entorno que condicionan la eficiencia son analizadas en dos publicaciones, que no tratan de forma diferenciada el tráfico de contenedores, ni consideran la naturaleza multiproductiva del sector portuario, empleándose tales variables en una segunda etapa. Finalmente, la función de distancia es utilizada únicamente en una de las investigaciones sin explotar una de sus principales ventajas: reflejar procesos multiproductivos.

Capítulo 7

Eficiencia en la provisión de infraestructura portuaria: La función de distancia aplicada al tráfico de contenedores

7.1. Introducción

En este capítulo se persiguen varios objetivos. En primer lugar, se desea medir la eficiencia técnica del servicio de prestación de infraestructura en los principales puertos estatales en tráfico de contenedores en el periodo 1990-2002. Las autoridades portuarias seleccionadas representan los puertos comerciales más importantes de España: el 87% de la mercancía general nacional y el 78% del total nacional de pasajeros utilizan los puertos analizados.

En segundo lugar, se pretende estudiar si la regulación portuaria llevada a cabo en dos momentos diferentes de la década de los años 90 tuvo algún efecto sobre la eficiencia de las autoridades portuarias. Los trabajos que han analizado el impacto de cambios regulatorios en diferentes ámbitos portuarios han encontrado que tales modificaciones conducen a mejoras de la eficiencia portuaria (Cullinane, et al. 2002; Estache et al., 2002; Martín, 2002; Pestana, 2003; Díaz, 2003). Sin embargo, y puesto que la reforma de los puertos españoles consiste básicamente en una descentralización de la gestión portuaria y no va acompañada de una liberalización de los servicios portuarios, en principio no parece que se vayan a producir mejoras sustanciales en la eficiencia.

Existen ciertos factores que condicionan el entorno donde operan las empresas, como pueden ser, por ejemplo, las características orográficas de una región. Supóngase que se desea comparar la eficiencia del transporte ferroviario en diferentes regiones o países y entre ellos hay grandes diferencias orográficas, esto es, regiones con grandes llanuras y regiones muy montañosas. Evidentemente, las empresas de una u otra región se enfrentan a entornos muy diferentes. De este modo, si se evalúa la eficiencia sin tener en cuenta esta característica geográfica puede suceder que productores que han sido considerados como eficientes lo sean porque se benefician de entornos favorables, mientras que los ineficientes sufren las consecuencias negativas de esas condiciones desfavorables. En estas circunstancias, Lovell (2001) recomienda incorporar las características de los entornos operativos en el análisis.

Esta consideración da origen al tercer objetivo que se plantea en la aplicación empírica y que consiste en incorporar dos características a las que se enfrentan los puertos españoles de forma desigual. La primera es que existen puertos insulares, sujetos a tráfico cautivo, donde el nivel de competencia es reducido y, por otro lado, pueden encontrarse puertos situados en territorio continental, donde existe numerosas alternativas para importar o exportar mercancía (carretera, ferrocarril, otros puertos), lo que condiciona que estos puertos se enfrenten a un grado de competencia mayor que los anteriores. La segunda es que algunos puertos se benefician de la existencia de refinerías en localidades próximas al mismo. Este hecho hace que la cantidad de granel líquido (que es un producto que se descarga muy fácilmente y cuyos requerimientos de infraestructura son bastante reducidos) y, por tanto, de tráfico total de estos puertos sea considerablemente superior a la de otros.

La metodología empleada para medir la eficiencia técnica es la función de distancia, por su facilidad para representar la tecnología de procesos productivos multiproducto, y por no requerir datos sobre precios, que no son comparables en el periodo sujeto a estudio.

Este capítulo se organiza como sigue. A continuación se expone el modelo econométrico, que está basado en una función de distancia orientada al output que se estima siguiendo el modelo de Battese y Coelli (1988); los datos se estructuran de manera que se consigue obtener índices de eficiencia que varían entre periodos (apartado 7.2). En la sección siguiente se ofrece una descripción detallada de los datos empleados para caracterizar la actividad portuaria, discutiéndose las variables utilizadas. Seguidamente en la sección 7.3 se procede a exponer los resultados de la estimación y, por último, se ofrece un resumen y las conclusiones que se derivan del análisis (apartado 7.4).

7.2. Modelo econométrico

La naturaleza multiproducto de la industria portuaria es uno de los factores que ha motivado la estimación de una función de distancia. Podría haberse estimado una frontera de coste, que también permite incorporar varios productos. Sin embargo, esta última requiere disponer de datos acerca del precio de los factores productivos, tarea que, si en general no es sencilla, en sectores que no actúan en mercados perfectamente competitivos, se complica. En estos casos, como apunta Orea (2002), es difícil mantener la exogeneidad de los precios, tal y como requiere la estimación de una frontera de coste.

En el sector portuario español existe un factor adicional que dificulta la utilización de los precios y es que la Ley 27/1992 impone un nuevo sistema contable a las autoridades portuarias (se pasa de un sistema de contabilidad pública a aplicar reglas de contabilidad privada). Cuando el análisis se efectúa a partir del año 1993, en principio no habría ningún impedimento para emplear los precios. Sin embargo, cuando el horizonte temporal comienza antes de esa fecha (como sucede en el presente trabajo), las diferentes normativas contables hacen que los precios derivados de las magnitudes económico-financieras no sean exactamente comparables.

El análisis de las condiciones en que se desarrolla la actividad de las autoridades portuarias ha derivado en que la función de distancia se estime orientada al output. Las siguientes circunstancias fundamentan tal decisión.

En el ámbito de la prestación de servicios de infraestructura, las autoridades portuarias tienen cierta capacidad para decidir sobre el tipo y la cantidad de servicios que ofrecen a través del sistema de concesiones. En la medida en que las autoridades portuarias autorizan las empresas que pueden instalarse en cada puerto, también están decidiendo acerca de los buques y mercancías que van a utilizar el mismo. Por ejemplo, un puerto que pretenda atraer pesca para ser procesada, debe disponer de empresas congeladoras. Si se desea que el puerto sea utilizado como escala por cruceros turísticos internacionales, debe ofrecerse a los pasajeros los servicios adecuados ya que, en caso contrario, la escala se efectuará en otro puerto que disponga de las instalaciones necesarias. Si bien en muchos casos la autoridad portuaria no es la que proporciona tales instalaciones y servicios, sí es la responsable de que la empresa en cuestión lo haga, a través del otorgamiento de la concesión o autorización correspondiente. Junto a ello, las autoridades portuarias realizan una importante labor de promoción de sus instalaciones y servicios que tiene como finalidad la captación de nuevos tráficos. Las políticas comerciales se complementan con bonificaciones de las tarifas que, con limitaciones, las autoridades portuarias pueden ofrecer.

Frente a esta capacidad de decisión sobre la demanda de servicios portuarios, las autoridades portuarias encuentran ciertas limitaciones para ajustar los factores productivos que utilizan en la prestación del servicio de infraestructura, básicamente: muelles, superficie y trabajo.

Los dos primeros son factores cuasifijos, que por su indivisibilidad presentan dificultad para adaptarse a los cambios en la producción. Además, aunque las decisiones de inversión son acordadas en los planes de empresa y aprobadas por el consejo de administración de cada autoridad portuaria, lo cierto es que estas

decisiones son coordinadas por Puertos del Estado, que dispone de un margen para conceder o limitar las ayudas destinadas a financiar tales obras.

En relación al factor trabajo, en general se trata de personal funcionario, lo cual determina la consiguiente dificultad de ajuste, sobre todo si es a la baja. No obstante, la plantilla de las autoridades portuarias también se nutre de personal contratado, más fácil de ajustar y proporcionalmente mucho más escaso.

7.2.1. Forma funcional

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*, (Christensen, Jorgenson y Lau, 1973) cumple con estas condiciones y, por ello, en la actualidad es la más aplicada en todos los campos de investigación, incluido el sector portuario. Se trata de una forma funcional flexible que proporciona una aproximación local de segundo orden a una forma funcional desconocida. Es decir, no establece *a priori* supuestos restrictivos acerca de la tecnología de la producción, lo que permite superar los inconvenientes asociados a algunas propiedades restrictivas que presenta la función *Cobb-Douglas*.³¹

Por estas razones, en este trabajo se estima una función distancia translog que, en su versión con orientación al output, se expresa como sigue:

$$\ln D_O = \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + 1/2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{kit} + 1/2 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit} \ln y_{mit} + \sum_{h=1}^H \psi_h d_h + \sum_{t=1}^T \gamma_t f_t + \varepsilon_{it} \quad (7.1)$$

donde:

³¹ La función de producción *Cobb-Douglas* presenta elasticidades output constantes y elasticidad de sustitución entre inputs unitaria.

y es un vector de productos ($m, n = 1 \dots M$),
 x es un vector de factores ($k, l = 1 \dots K$),
 i hace referencia a la empresa i -ésima,
 t hace referencia al periodo temporal,
 h hace referencia a las variables del entorno,
 Ψ_t es el coeficiente de las variables *dummy* del entorno d ,
 γ_t es el coeficiente de la variable *dummy* de tiempo f ,
 ε_{it} es un término de error

Las variables están expresadas en desviaciones con respecto a su media geométrica, por lo que los coeficientes estimados, para los términos de primer orden, se pueden interpretar como elasticidades en la media muestral.

7.2.2. Homogeneidad de grado 1 en outputs

Para obtener la frontera es preciso que D_O sea igual a la unidad, por lo que el término de la izquierda de la ecuación 7.1, al tomar el logaritmo neperiano, tendrá un valor igual a cero y, con ello, todos los coeficientes estimados serán iguales a cero. Este problema se solventa imponiendo la propiedad de homogeneidad de grado 1 sobre los outputs (puesto que la estimación se realiza con orientación output). Ello exige que se verifiquen las siguientes restricciones:

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

La condición de simetría requiere que se cumpla: $\alpha_{mn} = \alpha_{nm}$, $\beta_{kl} = \beta_{lk}$ y $\delta_{kl} = \delta_{lk}$

Siguiendo la metodología sugerida por Lovell et al. (1994),³² la condición de homogeneidad se ha impuesto normalizando la función de distancia por uno de los productos. El método parte de advertir que la homogeneidad implica que:

$$D_O(x, wy) = wD_O(x, y) \quad (7.2)$$

³² Esta metodología ha sido empleada en algunas aplicaciones empíricas (Coelli y Perelman, 1999, 2000; Morrison et al, 2000, Orea, 2002, entre otros).

para cualquier $w > 0$.

La elección del producto a utilizar para normalizar es una decisión arbitraria que no afecta a los resultados de la estimación (Cuesta y Orea, 2002).

Si en una función de distancia translog³³ se elige un output cualquiera, por ejemplo y_M , haciendo $w = 1/y_M$ resulta la expresión siguiente:

$$\ln(D_0/y_M) = \alpha_0 + \sum_{m=1}^{M-1} \alpha_m \ln y^*_{mit} + 1/2 \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{n=1}^{M-1} \alpha_{mn} \ln y^*_{mit} \ln y^*_{nit} + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{kit} + 1/2 \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{M-1} \delta_{km} \ln x_{kit} \ln y^*_{mit} \quad (7.3)$$

donde $y^*_{mit} = y_{mit}/y_{Mit}$. Debe tenerse en cuenta que cuando $y_{mi} = y_{Mi}$, el ratio y^*_{mi} tomará un valor igual a 1, por lo que el logaritmo de dicho ratio será igual a cero. Esta es la razón por la que los sumatorios donde intervienen tales cocientes contienen un término menos $(M-1)$ (véanse ecuaciones 7.1 y 7.3).

La ecuación (7.3) puede escribirse en forma compacta como sigue:

$$\ln(D_0/y_M) = TL(x_{it}, y_{it}/y_{Mit}, \alpha, \beta, \delta) \quad (7.4)$$

Operando queda la siguiente expresión:

$$-\ln(y_{Mit}) = TL(x_{it}, y_{it}/y_{Mit}, \alpha, \beta, \delta) - \ln(D_0) \quad (7.5)$$

Puesto que el valor de la función de distancia orientada al output es la inversa de la medida de la eficiencia técnica orientada al output (véase sección 5.7), en la ecuación 7.5, el término $-\ln(D_0)$ puede interpretarse como un término de error que recoge la ineficiencia técnica y, por tanto, será igual a u_i (véase ecuación 5.1, sección 5.6).

³³ Para mayor simplicidad, en la expresión (7.3) se omiten los términos relativos a las variables dummies del entorno y de tiempo.

7.2.3. Estructura del término de error

La metodología aplicada en este trabajo es la denominada modelo de error compuesto. Dentro de éstos, se sigue la propuesta que Battese y Coelli (1988) desarrollan para modelos de datos de panel. Puesto que se está estimando una función de distancia orientada al output, se aplica un término de error aditivo (Cuesta y Orea, 2002). El término de error adopta la siguiente estructura:

$$v_{it} + u_i \quad (7.6)$$

formada por dos componentes: v_{it} es un término de error simétrico, que se supone idéntica e independientemente distribuido con media cero (que representa factores aleatorios que se encuentran fuera del control del empresario) y u_i es un término de error no negativo, de una sola cola (que mide la ineficiencia técnica de cada productor, que permanece constante en el tiempo), que se distribuye independientemente de v_{it} .

La aplicación del modelo 7.6 a la función de distancia orientada al output (definida en la ecuación 7.5) da como resultado la siguiente expresión:

$$-\ln(y_{Mit}) = TL(x_{it}, y_{it} / y_{Mit}, \alpha, \beta, \delta) + v_{it} + u_i \quad (7.7)$$

La ecuación 7.7 se estima por el método de máxima-verosimilitud, para lo cual es preciso establecer supuestos distribucionales sobre la perturbación aleatoria. En concreto, se supone que el término v_{it} sigue una distribución $N(0, \sigma_v^2)$. El término de la ineficiencia debe seguir una distribución de una cola. En este sentido, la literatura teórica ha avanzado hacia formas generales. Por ejemplo, Battese y Coelli, 1988 suponen que u_i sigue una distribución normal truncada en cero. Sin embargo, Ritter y Simar (1997) demuestran que cuando se trata de muestras de tamaño mediano o reducido, es mejor asumir una distribución seminormal, $|N(0, \sigma_u^2)|$. Por tanto, y dado el tamaño de la muestra de puertos, en este trabajo se ha supuesto que el término u_i sigue una distribución seminormal.

Así pues, se trata de un modelo que considera que los efectos de ineficiencia permanecen constantes en el tiempo. Sin embargo, uno de los objetivos del presente trabajo es determinar si la regulación portuaria de los años 90 tuvo efectos sobre la eficiencia. Para captar dichos efectos en un modelo de eficiencia invariante en el tiempo, se ha estructurado el horizonte temporal en tres periodos y se han considerado las observaciones de las autoridades portuarias de manera independiente para cada uno de los periodos. Los intervalos temporales

contemplados son los siguientes: uno previo a la reforma, que abarca los años 1990 a 1992; otro periodo que trata de capturar el efecto de la primera y más importante reforma (1993-1997) y, finalmente, el último periodo (1998-2002) trata de recoger los efectos de la segunda reforma.

De esta manera, si las reformas portuarias influyeron positivamente en la eficiencia, los índices de eficiencia crecerán de un periodo a otro, manteniéndose constantes dentro de cada periodo. Se podría haber empleado un modelo de eficiencia variante en el tiempo, como por ejemplo, el de Battese y Coelli (1992), pero en este caso, se habría impuesto dos restricciones: que el sentido del cambio fuese el mismo para todos los puertos (es decir, no podría haber unos puertos que mejoren su eficiencia y otros que la empeoren) y que la tasa de variación de la eficiencia fuese la misma todos los años, con lo cual las limitaciones del modelo serían aún mayores.

7.3. Datos

La información estadística empleada en esta sección se ha obtenido a partir de los datos publicados anualmente por las autoridades portuarias en sus memorias anuales (Autoridades Portuarias, 1990-2002). Además, se ha hecho uso de los Anuarios Estadísticos publicados por Puertos del Estado (varios años). La información, tanto cuantitativa como cualitativa, se ha completado con entrevistas, personales y telefónicas, mantenidas con expertos en materia de puertos.

Entre ambas publicaciones se puede recopilar información relativa a los estados financieros de las autoridades portuarias, características técnicas de los puertos, obras en ejecución y realizadas, estadísticas de tráfico, etc. En los primeros años de la muestra, el número de trabajadores empleados por las autoridades portuarias se reflejaba en el apartado correspondiente a los estados financieros. Esta información con el tiempo tiende a desaparecer. A partir de este momento, este dato se solicitó directamente a cada autoridad portuaria. A pesar de que los anuarios contienen información sobre los costes, ésta no se ha utilizado, pues al margen del cambio del sistema contable que se produce a finales de 1992, los criterios contables no han estado perfectamente definidos hasta fechas muy recientes. Por ello, sólo se ha empleado información relativa a magnitudes físicas.

Una preocupación común en los trabajos empíricos es la relativa a la calidad de los datos. El sector portuario no ha estado ajeno a esta problemática. La

Comisión Europea (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001) descubre algunas contradicciones en las respuestas de un cuestionario enviado a los Estados miembro en 1998 para recopilar información sobre la financiación pública y los sistemas de tarificación en el sector portuario de la Comunidad.³⁴ También De Neufville y Tsunokawa (1981) encuentran discrepancias inexplicables en datos como la longitud de muelles o el número de grúas reflejados en distintas publicaciones estadísticas internacionales, a pesar de que la fuente original de los datos es la autoridad portuaria local. Estos autores recomiendan efectuar cruces de información y acudir a las fuentes originarias de los datos siempre que sea posible. Por este motivo, los datos recopilados se han sometido a un proceso de depuración y cuando se han detectado anomalías o discrepancias se ha acudido directamente a la fuente, requiriendo aclaraciones e informaciones adicionales mediante entrevista o contacto telefónico con los responsables de cada materia.

La heterogeneidad de actividades que se desarrollan en los puertos y la diversidad de mercancías que manejan, sugieren restringir el estudio a un número reducido de puertos y a un tipo de actividad determinada. Además, una opinión muy extendida entre los investigadores es que el desarrollo de los contenedores ha traído consigo mejoras importantes en la eficiencia de los puertos. En este sentido, Kim y Sachish (1986) afirman que el 85% del aumento en la productividad total de los factores del Puerto de Ashod (Israel, 1966-1983) se debió al fenómeno de la contenerización. Por todas las consideraciones anteriores, en este trabajo se analiza el servicio de provisión de infraestructura en los puertos españoles de titularidad estatal que realizan tráfico de contenedores.

La unidad de análisis es la autoridad portuaria, órgano encargado de la gestión portuaria, que puede tener bajo su control un puerto o varios, como ocurre con las autoridades portuarias de Baleares (Palma de Mallorca, Alcudia, Mahón, Ibiza y Cala Sabina) Alicante (Alicante y Torre Vieja³⁵) 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).

³⁴ En concreto, la Comisión, basándose en datos procedentes de fuentes como internet, folletos de puertos y proyectos de presupuestos oficiales, estima que el nivel de financiación pública de los puertos en cuestión en el año 1997 fue en realidad entre 2 y 3 veces mayor de las cifras aportadas por los Estados miembros.

³⁵ El Puerto de Torre Vieja fue transferido a la Generalitat Valenciana en el año 2000.

A pesar de que autoridad portuaria y puerto no son sinónimos, a veces se usan como tales, pues muchas de ellas gestionan un solo puerto o, aún estando varios puertos bajo su gestión, tan sólo uno de ellos (cuya denominación suele coincidir con la de la autoridad portuaria) es relevante en el tráfico de contenedores.

Puesto que entre las 27 autoridades portuarias españolas algunas son muy diferentes de las otras,³⁶ el estudio se ha centrado en los principales puertos que atienden el tráfico de contenedores. Esta decisión parte del reconocimiento de que el sistema portuario está formado por puertos muy heterogéneos, de muy distinto tamaño y nivel de actividad, por lo que se determinó que el estudio abarcara un conjunto de puertos comparables. Por esta razón, en un primer momento, se seleccionaron los puertos de mayor nivel de actividad. Posteriormente, se buscó un denominador común entre todos ellos. Puesto que el crecimiento futuro, tanto de la actividad portuaria como de las inversiones en infraestructura, está ligado al tráfico de contenedores, finalmente se eligieron los principales puertos en este tráfico, que forman parte además de los puertos comerciales estatales más importantes, tanto en términos de actividad, como de generación de recursos económicos. Así pues, las autoridades portuarias analizadas son las siguientes: Bahía de Algeciras, Alicante, Baleares, Barcelona, Bilbao, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Valencia y Vigo; entre ellas se maneja el 96% del total nacional de contenedores.

El periodo temporal objeto de análisis es el comprendido entre los años 1990 y 2002, lo que permite analizar los efectos que las modificaciones del sistema portuario acaecidas en la década de los años noventa han ejercido sobre la eficiencia de cada uno de los puertos. De este modo, la muestra está formada por un panel de datos completo que consta de 117 observaciones: 9 autoridades portuarias y 13 años.

Los puertos que conforman la muestra recogen una amplia casuística: puertos insulares (con elevados niveles de tráfico cautivo), puertos *hub* (de relevancia internacional como centros distribuidores de mercancía, como el Puerto de Algeciras), diferentes especializaciones (por ejemplo, Santa Cruz de Tenerife y Bilbao en granel líquido, Alicante en granel sólido, etc). Además, todas las fachadas marítimas en que se divide el litoral español están presentes en los puertos elegidos, con excepción de Ceuta y Melilla (véase la tabla 7.1).

³⁶ Por ejemplo, el Puerto de Sevilla es el único puerto fluvial o el Puerto de Villagarcía de Arosa está en una ría, dedicado casi exclusivamente a la pesca, etc.

Tabla 7.1. Los puertos de la muestra por fachadas marítimas

Fachada marítima	Autoridad portuaria
Norte	Bilbao
Sur	Bahía de Algeciras
Levante	Alicante y Valencia
Galicia	Vigo
Cataluña	Barcelona
Baleares	Baleares
Canarias	Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife

Fuente: Puertos del Estado (1994).

En definitiva, y como puede apreciarse en la tabla 7.2, se trata de los principales puertos comerciales del país. Más del 75% de los buques que pasan por los puertos españoles lo hacen por las 9 autoridades portuarias seleccionadas. Ello se traduce en que el 87% de la mercancía general y el 78% de los pasajeros pase por tales puertos. Por último, es de destacar que el 96% del tráfico total de contenedores corresponde a estos 9 puertos, lo que pone de manifiesto la elevada concentración de este tráfico.

Tabla 7.2. Participación de los puertos de la muestra en el total nacional. Tipos de tráfico, 2002

Autoridad Portuaria	Contenedores		Granel líquido		Resto mercancía		Pasajeros	
	%	Ranking	%	Ranking	%	Ranking	%	Ranking
B. Algeciras	31,0	1	15,4	1	6,6	4	20,2	2
Alicante	1,2	9	0,1	24	1,2	23	1,2	11
Baleares	2,3	7	1,3	11	4,9	8	13,3	3
Barcelona	16,9	3	7,9	6	5,8	5	11,5	4
Bilbao	5,7	5	10,4	4	5,4	6	0,7	13
Las Palmas	8,8	4	3,4	10	4,4	10	5,6	6
S.C. Tenerife	3,9	6	6,8	7	3,6	12	23,8	1
Valencia	24,1	2	1,3	12	7,4	3	1,6	10
Vigo	1,9	8	0,0	26	1,6	20	0,3	15
Total	96	-	47	-	41	-	78	-

Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

Para definir la tecnología portuaria se han empleados cuatro variables representativas del producto portuario (pasajeros, contenedores, granel líquido y resto de mercancía) y tres factores productivos (muelles, superficie y trabajadores). Además, se ha considerado que dos factores condicionan el entorno operativo en el que se desenvuelva la actividad portuaria: la existencia

de refinерías en las proximidades de un puerto y el hecho de que se trate de un puerto insular o no. Todas estas variables se detallan a continuación.

7.3.1. Productos

Las autoridades portuarias proporcionan diferentes tipos de servicios (ayudas a la navegación, provisión de infraestructuras, etc.), y como tales, al ser intangibles, su medición es algo complicada. Básicamente, se prestan servicios a los buques, a las mercancías y a los pasajeros, razón por la cual se han utilizado estas variables (excepto los barcos) para dar una idea de la actividad de las autoridades portuarias.

Los **buques** pueden aproximarse en términos de la cantidad de veces que entran o salen de un puerto o utilizando una medida de la capacidad de transporte de los mismos denominada *GT (gross tonnes)*. Ambas formas presentan dificultades. En primer lugar, los avances tecnológicos que ha experimentado la industria naval han favorecido el desarrollo de buques de gran tamaño que pueden transportar mayor cantidad de carga. De este modo, si el producto portuario se mide a través del número de barcos se obtendrá como resultado que la producción portuaria ha disminuido en el tiempo y nada más lejos de la realidad. En segundo lugar, en el año 1995 tiene lugar a nivel internacional un cambio en el sistema de medición de la capacidad de carga de los buques, que trataba de definir mejor dicha capacidad. Este cambio afectó con desigual intensidad a los distintos tipos de buques, viéndose más afectados aquellos que tienen varias bodegas. Por este motivo, no es conveniente mezclar datos de arqueo o capacidad de los barcos antes y después de 1995, ya que un mismo buque puede tener una capacidad muy diferente antes y después de ese año, sin que ello refleje un aumento de la actividad portuaria. Lo expuesto impide utilizar esta variable en este trabajo, cuyo periodo temporal abarca los años 1990-2002.

El producto más inmediato y principal fuente de ingresos (aproximadamente el 50% de los ingresos por venta de servicios corresponden a la tarifa sobre las mercancías) para las autoridades portuarias es la **mercancía**.³⁷ La mayoría de los estudios portuarios utilizan únicamente esta variable para representar la

³⁷ Los ingresos por venta de servicios portuarios proceden en su mayoría de los servicios prestados a los buques y a las mercancías (aproximadamente el 72%). Estas últimas llegan a puerto transportadas en los barcos, lo que motiva una alta correlación entre ambos. En realidad se trata de dos formas alternativas de medir un mismo producto.

actividad portuaria, si bien existe consenso en que la carga debe considerarse desagregada. En este trabajo se han contemplado tres modalidades de carga: mercancía contenerizada, granel líquido y resto de mercancía.

La mercancía transportada en **contenedores** puede computarse de varias maneras. Cuando el servicio que se analiza es la carga o descarga de mercancía el aspecto relevante a considerar es la unidad de carga, pues va a determinar el tipo de maquinaria a utilizar. En este caso, la carga suele expresarse en unidades de contenedor (Cullinane et al., 2002, Tovar, 2002), aunque cuando no se dispone de este dato, algunos autores recurren al número de TEU's (Cullinane et al., 2002, Notteboom et al., 2000).

El servicio contemplado en este trabajo es el de provisión de infraestructura, que se presta con independencia de la unidad de transporte. Por tanto, la unidad de medida del contenedor es irrelevante en esta actividad. Puesto que el resto de la mercancía está medida en toneladas y dado que la base tarifaria está definida fundamentalmente (régimen general), en términos de la cantidad de mercancía que contienen los contenedores, la mercancía contenerizada se ha computado en toneladas.

El **granel líquido** es un tipo de carga particular, pues su proceso de carga y descarga es muy rápido y sus requerimientos de infraestructura y de trabajo son bastante inferiores al resto de mercancía. A modo de ejemplo, se pueden descargar de un tanque petrolífero 28.000 toneladas de granel líquido en un día, mientras que para descargar 3.000 toneladas de pescado se precisan 3 días. De este modo, este tipo de carga usa el puerto con menos intensidad que el resto de mercancía. Por otra parte, la existencia de refinerías petrolíferas en las proximidades de un puerto hace que la cantidad de granel líquido manejada por ese puerto sea muy elevada, lo que aumenta su tráfico portuario total. Por razones expuestas, algunos estudios (Martín, 2002) excluyen esta modalidad de carga. Sin embargo, en el presente análisis se ha optado por admitirla, en un intento de ofrecer el reflejo más fiel de la realidad de cada puerto.

El **resto** de la **mercancía** incluye granel sólido, mercancía general (excepto la mercancía en contenedor, que se ha considerado como una modalidad de carga diferente), avituallamiento (suministro a buques de combustible, agua y hielo), pesca fresca y tráfico local (tráfico que se produce en el interior de las aguas de un puerto).

Por último, las autoridades portuarias también proporcionan servicios de infraestructura a los **pasajeros**. Si bien es cierto que el transporte marítimo de

personas no es el modo más empleado, no cabe duda de que en algunas situaciones dicha modalidad de transporte de pasajeros adquiere especial relevancia. Tal es el caso de las regiones insulares (movimientos interinsulares) o la zona del Estrecho de Gibraltar (Norte de Africa-Algeciras), donde las personas se desplazan masivamente por vía marítima. Al mismo tiempo, en los últimos años se asiste a un desarrollo de la actividad de los cruceros turísticos, de modo que el tránsito de pasajeros es, para los puertos, cada vez más importante.

Los puertos incluidos en la muestra ocupan los primeros lugares en términos de tránsito de pasajeros (véase tabla 7.2). De esta manera, si bien al comienzo del periodo los puertos analizados manejaban el 58% del total del pasaje portuario nacional, en el año 2002 el porcentaje de personas que entraron y salieron por los puertos de la muestra asciende al 78%. Aunque no es frecuente encontrar esta variable en estudios portuarios, la relevancia que tienen los pasajeros en los puertos analizados justifica su inclusión.

7.3.2. Factores

Para llevar a cabo su función de proveer servicios de infraestructura, las autoridades portuarias utilizan fundamentalmente tres factores productivos, dos de ellos de carácter cuasifijo y el tercero con características de factor variable. En primer lugar, emplean los **muelles**, necesarios para el atraque de los buques. Los muelles se han medido en metros lineales y se han incluido tanto los explotados por la autoridad portuaria como los otorgados en concesión a particulares (por ejemplo astilleros). Se han excluido los muelles con calado inferior a 4 metros, por tratarse de espacios destinados fundamentalmente a actividades náutico-deportivas.

Otro factor importante es la **superficie terrestre**, que medida en metros cuadrados, incluye almacenes, viales y resto (jardines, edificios, etc.). Esta superficie abarca todo el recinto portuario, es decir, tanto de la superficie propia de la autoridad portuaria como la parte cedida en régimen de concesión administrativa a las empresas portuarias.

Finalmente, el tercer factor empleado es el **trabajo**, aproximado a partir de la plantilla media de las autoridades portuarias, donde se recoge tanto personal administrativo como técnicos especializados. La naturaleza de las actividades que desempeña este factor productivo (vigilancia del recinto portuario, control

de las operaciones portuarias, promoción del puerto, gestión de residuos, etc.) hace que el trabajo sea un recurso de gran importancia.

7.3.3. Efectos temporales

Durante el periodo de tiempo analizado han sucedido hechos que repercuten en la actividad portuaria tales como cambios del marco regulatorio, crisis o periodos de expansión económica, liberalización del transporte marítimo de cabotaje comunitario, cambios tecnológicos en la industria naval, modernización de los equipos de manipulación de mercancía para hacer frente al mayor índice de contenerización, etc. Para recoger el efecto de este tipo de acontecimientos se ha incorporado una variable *dummy* de tiempo para cada año de la muestra. De esta manera, se captura el efecto de factores que afectan a todos los puertos con igual intensidad, pero que se producen en distintos momentos del tiempo.

7.3.4. Otras variables

En ocasiones, existen factores que caracterizan las condiciones en que se desarrollan las actividades productivas. Puede tratarse de condiciones geográficas, del grado de competencia en el sector, del tipo de propiedad de las empresas, etc. En el sector portuario se han identificado los siguientes factores que, de alguna manera, influyen en la actividad portuaria y cuya existencia no depende de la voluntad de la autoridad portuaria.

En primer lugar, la existencia de **refinerías** petrolíferas en las ciudades donde se ubica el puerto va a repercutir en la cantidad de granel líquido y, por tanto, en el tráfico total del mismo. Dadas las particularidades, ya expuestas, de este tipo de carga, se ha incluido una variable binaria que toma valor uno en los puertos donde hay refinerías (Bahía de Algeciras, Bilbao y Santa Cruz de Tenerife) y cero en el resto.

En segundo lugar, la **localización** geográfica de los puertos, en el sentido de que la naturaleza insular de algunos puertos puede condicionar sus resultados debido a los siguientes factores. De un lado, gran parte de la mercancía que pasa por los puertos insulares es tráfico cautivo, es decir, esa carga sólo puede entrar en la región por el puerto en cuestión, ya que el transporte aéreo no es una alternativa válida para la mayoría de las mercancías. Frente a esta circunstancia, en el ámbito continental, la mercancía puede llegar a su destino por carretera (camión o ferrocarril), o por un puerto, cercano o no. Los diferentes entornos

competitivos a los que se enfrentan ambos tipos de puertos llevan a Suykens (1986) a proponer que hay que comparar con cautela los puertos insulares y los continentales. Para captar este efecto se ha construido una variable binaria que toma valor uno en las autoridades portuarias insulares (Balears, Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife) y cero en las continentales.

Otro factor que podría afectar al entorno operativo de los puertos es el cambio de **regulación** que tiene lugar en los años 90. El marco regulatorio se determina a escala nacional y, en términos generales, es común para todas las autoridades portuarias. Como ya se ha explicado, más que considerar que este hecho va a condicionar a la tecnología, lo que se ha hecho para captar el efecto de estos cambios es dividir el horizonte temporal en 3 períodos, y considerar que las observaciones de cada autoridad portuaria son independientes en cada periodo. Esto permite observar, en una única estimación, la eficiencia alcanzada en cada período, tal como se ha explicado en la sección 7.2.

En las tablas 7.3 y 7.4 se presentan los valores medios de las variables por autoridades portuarias. Puede observarse que Alicante es el puerto más pequeño, tanto en términos de tamaño (muelle y superficie) como de producción (contenedores, granel líquido y resto de mercancía), e incluso en relación al número de trabajadores. Bilbao (seguido de Alicante) es el puerto que menos pasajeros maneja, debido a que en 1990 se pone en marcha una estación de ferry y este tipo de tráfico tarda en consolidarse.

Tabla 7.3. Productos. Medias para cada puerto, 1990-2002

Autoridad portuaria	Contenedores (Y₁)	Granel líquido (Y₂)	Resto mercancía (Y₃)	Pasajeros (Y₄)
B. Algeciras	14.209.958	17.356.611	7.722.807	3.800.291
Alicante	625.242	385.326	1.610.922	185.242
Balears	1.481.024	2.653.233	5.019.041	3.153.879
Barcelona	8.614.954	8.233.942	7.558.250	1.239.828
Bilbao	3.233.316	14.076.144	10.581.053	104.084
Las Palmas	3.854.494	3.601.112	5.265.526	985.888
S.C. Tenerife	2.292.871	7.792.254	4.580.726	3.609.534
Valencia	9.214.198	1.513.538	7.861.188	246.620
Vigo	964.664	409.051	2.161.053	1.350.561

Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

Barcelona es el puerto más grande en términos de todos los factores productivos que emplea. En relación a los productos, Bahía de Algeciras es el que más

contenedores, graneles líquidos y pasajeros maneja y Bilbao ostenta la primera posición en el resto de mercancía.

Un detalle que llama la atención es la diferencia de pasajeros que existe entre los puertos de Santa Cruz de Tenerife y los de Las Palmas. La mayoría de estos pasajeros se producen en la línea que une el Puerto de Santa Cruz de Tenerife con el de Agaete, en Gran Canaria. Este último puerto no es de titularidad estatal, sino que su gestión está transferida a la Comunidad Autónoma de Canarias. Por ello, el tráfico de pasajeros entre estas dos islas no está computado en el de la Autoridad Portuaria de Las Palmas, y sí lo está en el de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife.

Tabla 7.4. Factores. Medias para cada puerto, 1990-2002

Autoridad portuaria	Muelle (X₁)	Superficie (X₂)	Trabajadores (X₃)
B. Algeciras	10.239	2.486.245	282
Alicante	5.591	1.115.208	153
Baleares	16.470	1.545.945	279
Barcelona	19.976	7.404.316	487
Bilbao	16.473	1.830.255	374
Las Palmas	16.335	2.535.582	297
S.C. Tenerife	15.361	1.837.463	207
Valencia	11.628	4.355.749	369
Vigo	9.376	1.834.232	239

Fuente: Puertos del Estado (varios años-a). Elaboración propia.

7.4. Resultados empíricos

En este apartado se presentan los resultados de la estimación de la función de distancia definida en las ecuaciones 7.3 y 7.7. Se ha contrastado el modelo propuesto frente a una serie de especificaciones alternativas, más restrictivas. A tal efecto, Coelli (1995-b) recomienda emplear el test del ratio de verosimilitud, que se define como sigue:

$$LR = -2\{\ln[L(H_0)/L(H_1)]\} = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\} \quad (7.8)$$

donde $L(H_0)$ y $L(H_1)$ representan el logaritmo de la función de verosimilitud bajo las hipótesis nula y alternativa, respectivamente. Este estadístico sigue una distribución χ^2 , con tantos grados de libertad como restricciones se hayan impuesto bajo la hipótesis nula. Como puede apreciarse en la tabla 7.5, todas las

especificaciones contrastadas (restricciones en la translog, inexistencia de efectos de eficiencia y formas funcionales más simples) son rechazadas en favor del modelo completo.

Tabla 7.5. Test del ratio de verosimilitud

Modelo*	Restricciones	Función verosimilitud	Test verosimilitud	Valor crítico χ^2	Decisión
Translog completo		131,76			
Translog sin d_1	1	108,69	46,14	7,88	Rechazar H_0
Translog sin d_2	1	126,99	9,54	7,88	Rechazar H_0
Translog sin d_1, d_2	2	108,36	46,80	10,60	Rechazar H_0
Translog sin ef. temporales	12	89,87	83,78	28,00	Rechazar H_0
$\gamma = 0$	1	129,30	4,91	3,84**	Rechazar H_0
Cobb-Douglas completa	21	88,16	87,19	41,40	Rechazar H_0

* d_1 : localización geográfica (puerto insular, puerto continental); d_2 : existencia de refinería (sí, no)

** Todos significativos al 99%, excepto el señalado que es significativo al 95%.

Asimismo, la aplicación del test de Hausman ha permitido aceptar la existencia de efectos aleatorios.

7.4.1. Parámetros de primer orden

Los resultados obtenidos tras la estimación de la función de distancia se presentan en la tabla 7.6. Puesto que las variables han sido desviadas con respecto a su media geométrica, los coeficientes de los términos de primer orden pueden ser interpretados como las elasticidades de la función de distancia, evaluadas en dicho punto.

Los parámetros de primer orden presentan los signos esperados y además son significativos. Es decir, los parámetros de las variables de producto son positivos, indicando que el valor de la función de distancia aumenta cuando se incrementa la producción (recuérdese que la función de distancia orientada al output oscila entre cero y uno). Por el contrario, los parámetros de los inputs son negativos, lo que refleja que si aumenta la cantidad de factores productivos, para un nivel dado de producto, el valor de la distancia se reduce.

Tabla 7.6. Parámetros estimados (función de distancia, orientación output)

Variable	Coefficiente	t-test
Constante	0,4807	6,4365
L(pasajero)	0,1636	6,7103
L(contenedor)	0,2454	5,1408
L(granel líquido)	0,1051	2,9630
L(resto mercancía)	0,4860	8,3225
L(muelle)	-0,3658	-2,6851
L(superficie)	-0,2564	-4,0244
L(trabajo)	-0,7728	-6,4832
L(pasajero).L(pasajero)	0,0399	3,1733
L(contenedor).L(contenedor)	-0,3432	-2,0676
L(granel líquido).L(granel líquido)	-0,0573	-2,0180
L(resto mercancía).L(resto mercancía)	-0,8545	-6,6035
L(muelle).L(muelle)	-2,0697	-4,1460
L(superficie).L(superficie)	-1,2459	-4,1467
L(trabajo).L(trabajo)	-0,7509	-0,9870
L(pasajero).L(contenedor)	-0,0420	-0,9154
L(pasajero).L(granel líquido)	-0,1766	-7,3477
L(pasajero).L(resto mercancía)	0,1787	3,9464
L(pasajero).L(muelle)	0,3250	3,7631
L(pasajero).L(superficie)	0,0160	0,2619
L(pasajero).L(trabajo)	-0,0633	-0,5816
L(contenedor).L(granel líquido)	-0,0283	-0,4953
L(contenedor).L(resto mercancía)	0,4135	3,0858
L(contenedor).L(muelle)	0,1501	0,7542
L(contenedor).L(superficie)	0,5119	2,6059
L(contenedor).L(trabajo)	-0,0489	-0,2214
L(granel líquido).L(resto mercancía)	0,2622	3,7325
L(granel líquido).L(muelle)	0,4988	4,9583
L(granel líquido).L(superficie)	-0,1723	-2,3369
L(granel líquido).L(trabajo)	-0,1941	-1,8283
L(resto mercancía).L(muelle)	-0,9739	-5,1843
L(resto mercancía).L(superficie)	-0,3557	-2,0589
L(resto mercancía).L(trabajo)	0,3064	1,5303
L(muelle).L(superficie)	0,9816	3,1361
L(muelle).L(trabajo)	0,4278	1,1188
L(superficie).L(trabajo)	0,3913	1,0311
D 1991	0,0149	0,4332
D 1992	-0,0081	-0,2045
D 1993	0,0783	1,6553
D 1994	-0,0592	-1,1537
D 1995	-0,2107	-3,6525
D 1996	-0,2862	-4,6233
D 1997	-0,3158	-4,9503
D 1998	-0,3845	-5,7436
D 1999	-0,4828	-7,3343
D 2000	-0,5065	-7,4198
D 2001	-0,5089	-7,3421
D 2002	-0,5034	-7,1543
Localización	-0,2523	-3,3298
Refinería	-0,4868	-7,7359
Sigma*	0,0164	3,2144
Gamma*	0,7415	7,2053

* El modelo se estima por máxima-verosimilitud, para lo cual se utiliza la parametrización sugerida por Battese y Corra (1977), estimando $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$.

7.4.2. Propiedades de la función de distancia

Según lo expuesto en el apartado anterior, en la media muestral, la función de distancia satisface las propiedades teóricas de ser no decreciente en outputs, no creciente en inputs. En la tabla 7.7 se exponen algunos estadísticos de las elasticidades de outputs e inputs, así como de la elasticidad de escala (suma de las elasticidades de inputs).

El signo de las elasticidades de los outputs ha de ser positivo, lo que se consigue en un 76,9% para los pasajeros, en un 78,6% para los contenedores, en un 44,4% para el granel líquido y en un 76,2% para el resto de mercancía. De acuerdo con las propiedades de monotonicidad, el signo de las elasticidades de los inputs debe ser negativo, lo que se cumple en un 59,0%, 73,5% y 99,2% para los muelles, superficie y trabajo, respectivamente.

Tabla 7.7. Propiedades de la función de distancia

Elasticidad	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	% positivo	% negativo
Pasajeros	0,16	0,27	-0,64	0,83	76,92	23,08
Contenedores	0,25	0,35	-0,47	1,33	78,63	21,37
Granel líquido	0,11	0,85	-0,96	3,67	44,44	55,56
Resto mercancía	0,49	1,04	-3,36	2,42	76,21	24,79
Muelles	-0,37	1,79	-7,34	2,66	41,03	58,97
Superficie	-0,26	0,37	-1,12	0,77	26,50	73,50
Trabajo	-0,77	0,41	-1,68	0,02	0,85	99,15
Elasticidad escala	1,40	1,54	-7,80	1,06	39,22	60,68

7.4.3. Rendimientos de escala

La elasticidad de escala puede calcularse de acuerdo con la expresión siguiente:

$$EE_{it} = - \sum_{k=1}^K \partial \ln D_o(y_{it}, x_{it}) / \partial \ln x_k \quad (7.9)$$

Así pues, cambiada de signo, la suma de las elasticidades de los inputs proporciona una evaluación de la elasticidad de escala. Un valor de la elasticidad de escala mayor (menor) que uno muestra rendimientos crecientes (decrecientes) de escala.

Un 61% de las autoridades portuarias operan con rendimientos crecientes de escala. No obstante, es preciso tomar con cautela el resultado respecto a la elasticidad de escala, ya que el hecho de que las elasticidades de los inputs no sean negativas en todas las observaciones puede llevar a medidas incorrectas de la elasticidad de escala (Orea, 2002).

En la tabla 7.8 puede observarse cómo los rendimientos recientes de escala se van moderando a lo largo del tiempo. La elasticidad de escala media toma un valor igual a 1,4 por lo que cabe afirmar que, en términos medios, los puertos españoles de contenedores presentan rendimientos crecientes de escala.

Tabla 7.8. Economías de escala

Periodos	Economías de escala
1990-1992	1,8
1993-1997	1,4
1998-2002	1,1
1990-2002	1,4

El resultado anterior es compartido por otros estudios, tanto de los puertos nacionales como sobre puertos extranjeros. Usando una metodología no paramétrica, Martín (2002) encuentra que la mayoría de los puertos españoles presentan rendimientos crecientes de escala. También en el ámbito de los puertos españoles, Jara Díaz et al. (1997), alcanzan este resultado tras estimar una función de coste multiproducto. En este sentido, Martínez et al. (1999) encuentran que las ineficiencias que observan en los puertos españoles se deben a excesos de capacidad y Baños Pino et al. (1999) demuestran que existe sobrecapitalización en los mismos puertos. Tras estimar una función de costes translog Kim y Sachish (1986) encuentran economías crecientes de escala en el Puerto de Ashod (Israel). Por último, la estimación de una función de producción Cobb-Douglas permite a Chang (1978-b) afirmar que el Puerto de Mobile (Alabama) presenta rendimientos a escala crecientes.

7.4.4. Efectos temporales y cambio técnico

Los coeficientes de las dummies temporales muestran el efecto de los factores que evolucionan con el tiempo y que se manifiestan por igual en todos los puertos. Estos coeficientes, que son significativos a partir del año 1995, muestran que efectivamente el paso del tiempo afecta en el sentido esperado

(signo negativo) a la frontera, registrándose los mayores efectos en los tres últimos años del periodo.

La variación de los efectos temporales de un año a otro proporciona una medida del cambio tecnológico, pues indica hacia donde se desplaza la frontera año tras año, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CT_{t+1,t} = \gamma_{t+1} - \gamma_t \quad (7.10)$$

La ecuación 7.9 ofrece una evaluación del cambio técnico en la media de los datos. Los valores obtenidos se presentan en la tabla 7.9. Un valor negativo de la expresión indica la presencia de progreso tecnológico (desplazamiento hacia fuera de la función de distancia).

Tabla 7.9. Cambio técnico

Periodo	Cambio técnico
1990-1991	0,0149
1991-1992	-0,0230
1992-1993	0,0864
1993-1994	-0,1375
1994-1995	-0,1515
1995-1996	-0,0755
1996-1997	-0,0296
1997-1998	-0,0686
1998-1999	-0,0983
1999-2000	-0,0237
2000-2001	-0,0025
2001-2002	0,0056

Salvo en los periodos 1990-1991 y 1992-1993, los puertos españoles de contenedores registran considerables tasas de avance tecnológico, que se produce fundamentalmente al comienzo del periodo. Las mayores tasas se alcanzan justo después de la reforma introducida a finales de 1992, entre los años 1993-1994 y 1994-1995, con tasas de 13,8% y 15,1% anual, respectivamente.

Atendiendo a los periodos seleccionados para determinar los efectos del cambio en la regulación portuaria, se aprecia que la tasa media anual de cambio técnico en los años anteriores a la primera reforma era del 0,4%; entre los años 1993-1997 se asiste a la tasa más elevada de cambio tecnológico (6,2%); y en el último periodo se alcanza una tasa más moderada (3,8%). Así pues, se puede

afirmar que el progreso técnico se produce con mayor intensidad en el periodo en que tienen lugar los efectos de la regulación llevada a cabo a finales de 1992.

No obstante, es preciso tener en cuenta que los efectos temporales recogen tanto el cambio en la regulación como cualquier acontecimiento que haya sucedido en el año de referencia. De hecho, en los primeros años de la década de los noventa se asiste a una crisis económica internacional, que sin duda, produce una ralentización del comercio internacional, lo cual se siente rápidamente en los puertos. Posteriormente, la economía internacional y nacional comienza a recuperarse. En 1993, en el seno de la Unión Europea (Consejo de las Comunidades Europeas, 1992), se declara la liberalización de los servicios de transporte marítimo de cabotaje comunitario (De Rus et. al, 1998). Desde 1996 la economía nacional crece sin interrupción hasta alcanzar un máximo en el año 2000. Desde entonces se aprecia una desaceleración hasta el año 2002. Por todo ello, el impacto de la reforma regulatoria sobre el progreso técnico hay que tomarlo con cautela.

7.4.5. Otras variables

Dos variables se han incluido para caracterizar el entorno donde las autoridades portuarias desempeñan su actividad: la existencia de refinerías en las proximidades de un puerto y la condición insular.

Los coeficientes de estas dos variables tienen el signo negativo esperado y además son significativos. Por tanto, cabe afirmar que los puertos que gozan de una ubicación insular, así como los que cuentan con una refinería cercana se benefician de una posición más cercana a la frontera que aquéllos otros que no presentan tales características (*ceteris paribus*). De estos dos fenómenos, el hecho de que exista una refinería en las inmediaciones tiene mayor efecto que la insularidad del puerto (4,9 frente a 2,5).

Incorporar las variables señaladas, que determinan de manera considerable las condiciones a las que se enfrentan los puertos, es una tarea novedosa. Aunque algunas investigaciones (Liu, 1995; Coto Millán et al. 2000) han incluido algunas características como tipo de propiedad, de organización, tamaño, etc., no las han incorporado a la tecnología, sino que han estimado sus efectos en una segunda etapa. El trabajo de Liu (1995) recoge una variable que trata de reflejar si la localización de un puerto tiene importancia. Para ello, diferencia entre los puertos situados en la costa este y sur y resto de las costas. Así pues, no es posible contrastar los resultados obtenidos con otros estudios, pues es la primera

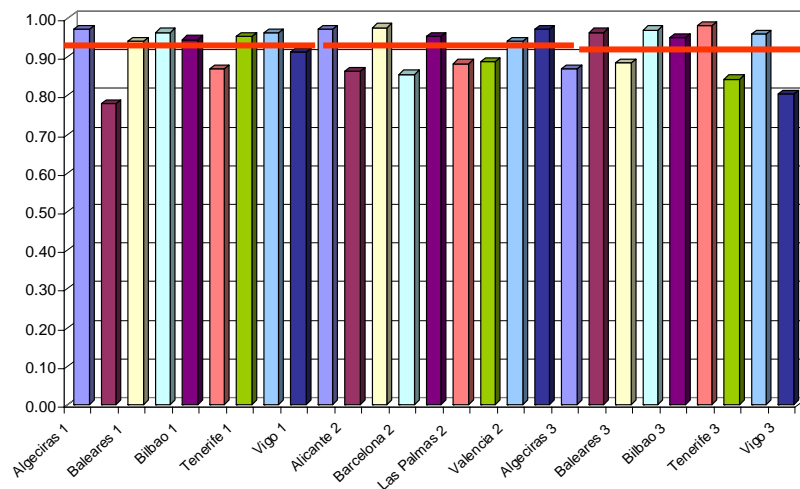
vez que se incluyen en una investigación variables que miden el impacto de tener refinería o de la naturaleza insular.

7.4.6. Eficiencia técnica

En el gráfico 7.1 se ofrece la eficiencia técnica en cada puerto y en cada periodo, donde los puertos están ordenados alfabéticamente y los números 1, 2 y 3 que acompañan a cada puerto hacen referencia, respectivamente, a cada uno de los 3 periodos temporales en que se ha dividido la muestra (1990-1992; 1993-1997; 1998-2002).

La eficiencia técnica media del periodo ha sido del 91,9%. Por periodos, se observa una estabilidad temporal de la eficiencia técnica, pues en los dos primeros periodos permanece constante (92,1%), registrándose una ligera reducción en el tercer periodo (91,3%). Este resultado permite afirmar que las reformas emprendidas en los años 90 no han producido efectos sustanciales en la eficiencia técnica de los puertos analizados.

Gráfico 7.1. Evolución de la eficiencia técnica por periodos y puertos



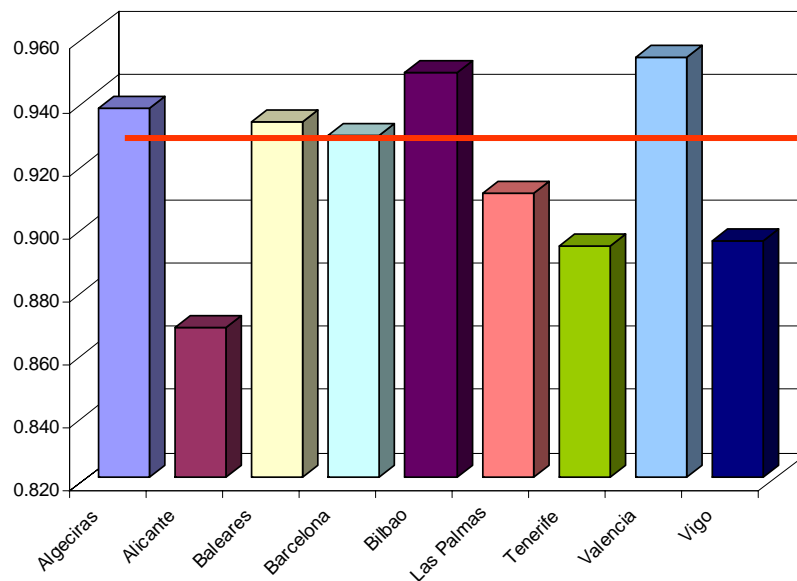
Aunque el marco legal definido en la década de los 90 estableció mayor autonomía en la gestión de las autoridades portuarias y propugnaba la libertad tarifaria, lo cierto es que Puertos del Estado mantuvo responsabilidades globales sobre el sistema y la potestad de autorizar o no las inversiones. Al mismo

tiempo, la referida libertad de tarifas se encontraba limitada a unos estrechos márgenes, en el caso de las tarifas de las autoridades portuarias, y sujetas a regulación por tarifas máximas, en lo que a las empresas portuarias se refiere. Además, a pesar de la descentralización en la gestión portuaria, todavía existía una escasa liberalización de los servicios portuarios que seguían siendo responsabilidad de la autoridad portuaria, aún cuando se prestaran en régimen de gestión indirecta. Todo ello ha podido incidir en que no se hayan registrado mejoras en la eficiencia técnica.

En este sentido, la reforma emprendida a finales de 2003 hace un esfuerzo por liberalizar los servicios, reforzando el protagonismo del sector público en las actividades de prestación de servicios; por promover la inversión privada en infraestructuras; y por promover la competencia, tanto entre los puertos (a través del régimen tarifario) como dentro de los puertos (libertad de acceso a la prestación de servicios, observatorio permanente, vigilancia de las normas de competencia). Es de esperar que esta nueva definición del marco regulatorio, basada en criterios liberalizadores y de promoción de la competencia, ejerza impactos sobre la eficiencia técnica. De momento no ha pasado el tiempo suficiente para efectuar dicho análisis. En cualquier caso, aún queda margen para profundizar en la liberalización de los servicios, sobre todo en lo referente a la mano de obra en el servicio de manipulación de mercancía (De Rus et al., 1995).

La eficiencia técnica media del periodo por autoridades portuarias oscila entre un 95,3% para la autoridad portuaria más eficiente (Valencia) y un 86,8% para la menos eficiente (Alicante), situándose la media en un 91,9% (véase gráfico 7.2). Las autoridades portuarias cuya eficiencia es superior a la media son, de mayor eficiencia a menor, las siguientes: Valencia, Bilbao, Bahía de Algeciras, Baleares, Barcelona. Por debajo de la eficiencia media, y siguiendo el mismo criterio de clasificación, se sitúan: Las Palmas, Vigo, Santa Cruz de Tenerife y, por último, Alicante.

En la tabla 7.10 se muestra la evolución que ha seguido la eficiencia en cada autoridad portuaria, así como su tasa de crecimiento entre el primer y el tercer periodos. Puede observarse que las autoridades portuarias que en media son más eficientes, no son las que más han visto crecer su eficiencia. De hecho, la de Bahía de Algeciras, que ocupa el tercer lugar en el ranking, registra uno de los descensos más acentuados.

Gráfico 7.2. Eficiencia técnica de cada puerto (media 1990-2002)

Valencia y Bilbao, los dos puertos más eficientes, presentan, junto con Barcelona el comportamiento más estable. Los puertos donde más se ha incrementado la eficiencia son Alicante y Las Palmas; el primero es el menos eficiente de todos y el segundo ocupa una situación intermedia. La eficiencia se ha reducido con mayor intensidad en los puertos de Santa Cruz de Tenerife y Vigo, que ocupan las posiciones penúltima y antepenúltima, respectivamente.

Tabla 7.10. Evolución de la eficiencia técnica por autoridad portuaria

Autoridad portuaria	1990-1992	1993-1997	1998-2002	Tasa variación 90-92/98-02
B. Algeciras	0,97	0,97	0,87	-10,57
Alicante	0,78	0,86	0,96	23,71
Baleares	0,94	0,98	0,88	-5,99
Barcelona	0,96	0,85	0,97	0,67
Bilbao	0,94	0,95	0,95	0,56
Las Palmas	0,87	0,88	0,98	12,90
S.C. Tenerife	0,95	0,89	0,84	-11,93
Valencia	0,96	0,94	0,96	-0,40
Vigo	0,91	0,97	0,80	-11,94
Todas	0,92	0,92	0,91	-0,89

7.5. Resumen y conclusiones

Los puertos son recintos donde se realizan actividades y se proveen servicios de naturaleza y características muy dispares. Por ello, no es conveniente analizarlos desde una perspectiva global, en la que se aborde el estudio del puerto en su conjunto. Por el contrario, es preferible centrar el estudio en una actividad concreta.

En este trabajo se ha analizado la eficiencia técnica de las autoridades portuarias en relación al servicio de prestación de infraestructura en los principales puertos españoles en tráfico de contenedores durante el periodo 1990-2001.

Con independencia de la actividad portuaria objeto de análisis, debe tenerse en cuenta que en los puertos se presta servicio a buques, mercancía y pasajeros. De ahí la necesidad de especificar el producto portuario en sus múltiples dimensiones.

Se ha puesto de manifiesto la idoneidad de la función de distancia como instrumento para medir la eficiencia técnica en el ámbito portuario, ya que permite reflejar la naturaleza multiproductiva que caracteriza a este sector, y emplea datos físicos, mucho más fiables que los económicos, al menos en el sector y periodo temporal analizados en este trabajo. Se trata de un enfoque novedoso en la estimación de eficiencia técnica en el ámbito portuario.

La capacidad que tienen las autoridades portuarias para atraer tráfico (a través de sus políticas comerciales), unido a la dificultad para ajustar los inputs (se trata en su mayoría de inputs cuasifijos, cuya modificación está sujeta a numerosos trámites y permisos burocráticos), han motivado la estimación de una función de distancia orientada al output.

En la década de los años 90 el sistema portuario español portuario español sufre una reforma de las condiciones en las que debe desenvolverse la actividad portuaria sujeta a regulación. Ante este nuevo marco, merece la pena estudiar si tal cambio ejerció algún tipo de impacto sobre la eficiencia. Para efectuar la evaluación se aplica el modelo de Battese y Coelli (1988), en el que la eficiencia se considera invariante en el tiempo. Para admitir cierta variación temporal de la eficiencia se realiza una estructuración de los datos en tres periodos. Es decir, se construye un pseudopanel, que permite estimar la eficiencia en cada uno de los periodos.

Las autoridades portuarias más eficientes han resultado ser Valencia, Bilbao y Bahía de Algeciras; las dos primeras con poca variación en el tiempo y la tercera con una reducción de la eficiencia en torno al 10%. Las autoridades portuarias menos eficientes han sido Santa Cruz de Tenerife, que además ha visto reducir su eficiencia en casi un 12%, y Alicante que, por el contrario, ha experimentado una mejora de casi 24 puntos porcentuales.

En términos globales, existe evidencia de que no se ha producido una mejora de la eficiencia técnica. Los índices de eficiencia técnica reflejan un estancamiento, pues en media se ha pasado de un 92% en el primer periodo a un 91% en el último. Este resultado permite afirmar que el cambio en la regulación no ayudó a mejorar la eficiencia técnica de los puertos analizados. Esta conclusión era esperable, pues la reforma consistió meramente en una descentralización de la gestión sin liberalizar los servicios.

Sin embargo, lo que sí se ha producido es progreso técnico. Los puertos de contenedores comienzan a experimentar avance tecnológico a partir de la reforma llevada a cabo a finales del año 1992. Los mayores incrementos se producen entre los años 1995-1996 y 1998-1999 (en este último caso, justo después de la segunda reforma). En cualquier caso, factores económicos distintos de la regulación han podido influir en el cambio tecnológico estimado.

Por último, dos características se han incorporado al análisis para representar el entorno en que operan los puertos: su carácter insular o continental, que determina las posibilidades de competencia entre puertos, y la existencia de refinerías en las inmediaciones de los puertos, circunstancia que hará que la cantidad de granel líquido sea considerablemente mayor en tales puertos. Ambas características han resultado ser significativas. De ellas el efecto de la variable que recoge el hecho de que existan refinerías próximas a los puertos es más fuerte que la naturaleza insular del puerto.

PARTE IV
RESUMEN Y CONCLUSIONES

Capítulo 8

Resumen y conclusiones

Los puertos se configuran como un enlace relevante de la cadena de transporte, ya que en ellos tiene lugar el intercambio de mercancías y pasajeros entre dos modos de transporte, el marítimo y el terrestre. Si se tiene en cuenta que la mayoría del comercio internacional de las regiones se realiza por vía marítima, se comprende que los puertos hayan ocupado un lugar importante en las políticas de desarrollo regional. De este hecho se deriva también que un funcionamiento eficiente de los puertos condiciona la competitividad de las regiones a través de los precios de los productos en los mercados internacionales.

Diferentes motivos han llevado tradicionalmente a admitir la necesidad de intervenir en los puertos regulando su funcionamiento. Entre ellos cabe mencionar su carácter estratégico vinculado a la provisión interior de productos, el poder de mercado que ostentan determinados operadores portuarios, la influencia en la competitividad de la economía regional, y la necesidad de garantizar que las operaciones portuarias se llevan a cabo en condiciones de seguridad y de respeto al medioambiente.

Sin embargo, siempre que exista competencia la intervención pública no es necesaria, ya que el propio mercado se encargará de la regulación. La competencia es el mejor agente regulador que existe. En las actividades donde el número de operadores es reducido, debe introducirse competencia por el mercado a través de un mecanismo de concursos públicos por el que se otorguen las licencias y concesiones para explotar los servicios.

Más del 60% de la carga general mundial es transportada en contenedores. Se trata de una cifra muy importante para una tecnología que data de mediados de los años 50. Desde entonces, el crecimiento de la mercancía contenerizada no ha dejado de crecer, tendencia que se espera que continúe en los próximos años.

La contenerización ha constituido una auténtica revolución tecnológica en la industria marítima que ha cambiado el diseño y tamaño de los barcos, la tecnología de la manipulación de la mercancía en los puertos, condicionando grandes inversiones en infraestructura portuaria para adecuar las instalaciones de los puertos a unos barcos de tamaño mayor.

Al homogeneizar la mercancía, los contenedores son mucho más fáciles de manipular que la mercancía fraccionada. Este hecho facilita su trasbordo desde los barcos a otros modos de transporte, favoreciendo el desarrollo de nuevos conceptos como la multimodalidad. Al mismo tiempo nuevas estrategias empresariales buscan concentrar las operaciones en grandes puertos, que se convierten en centros de distribución de contenedores, denominados *hub*, desde donde la carga parte en buques *feeder*, de menor tamaño, hacia su destino final.

En este marco, las nuevas funciones que han de desempeñar las autoridades portuarias están relacionadas con adoptar un papel dinamizador del sistema. Se trata de promover zonas de actividades logísticas, servicios de valor añadido, sistemas avanzados de comunicación e información y, de cara al futuro, crear redes portuarias, tanto dentro como fuera de las fronteras nacionales.

En los puertos operan un número elevado de agentes, públicos y privados, que efectúan actividades de diversa naturaleza, tienen objetivos diferentes y están sujetos a niveles de competencia y regulación dispares. Por ello, más que estudiar el puerto como un conjunto homogéneo, es deseable analizar cada sector por separado. Tal diversificación de actividades hace aconsejable la existencia de un órgano que se encargue de coordinar el sistema. En la mayor parte de los puertos esta tarea la desempeñan las autoridades portuarias. El alcance de las funciones encomendadas a estos organismos depende del sistema de gestión portuaria, predominando en la actualidad los puertos *landlord*, en los cuales las autoridades portuarias proporcionan la infraestructura básica y los servicios esenciales son prestados por empresas que además son propietarias de la superestructura.

El sistema portuario español está formado por una red de puertos de titularidad estatal, y otro conjunto de puertos, en general no comerciales, cuya competencia la ostentan las comunidades autónomas. Los 49 puertos de titularidad estatal están gestionados por 27 autoridades portuarias, que a su vez son coordinadas por Puertos del Estado, órgano encargado de ejecutar la política portuaria del gobierno.

A comienzos de la década de los años 90 se ejecuta en España una reforma portuaria que, con el objetivo de mejorar la eficacia del sistema, permitió transformar un sistema dual (puertos autónomos y juntas de puertos), caracterizado por una estructura centralizada y burocrática, en un modelo de gestión unitaria, descentralizado y basado en criterios comerciales. Unos años más tarde se revisa el marco de funcionamiento para dotar a las autoridades portuarias de mayor autonomía funcional, para integrar los intereses de las

comunidades autónomas en la gestión de los puertos y para diseñar un marco de libertad tarifaria, si bien éstas siguen estando reguladas.

La necesidad de mejorar la competitividad del sistema portuario y de potenciar la liberalización de los servicios de transporte conduce, en los primeros años del nuevo milenio, a una nueva revisión del régimen legal bajo el que operan los puertos. Uno de los aspectos más destacados de la reforma es su interés por reforzar el protagonismo del sector privado. Así, se realiza una distinción clara entre la provisión y gestión de las infraestructuras, cuya responsabilidad recae sobre las autoridades portuarias y los servicios portuarios básicos (practicaje, remolque, amarre, al pasajero, manipulación de carga y recepción de residuos), que quedan encomendados a la iniciativa privada. La nueva norma incorpora, asimismo, mecanismos para garantizar que los servicios portuarios se presten en un régimen competitivo. Sin embargo, existen dudas acerca de la eficacia de alguno de estos instrumentos. Por ejemplo, la composición actual de organismos tan importantes como el observatorio permanente de servicios portuarios básicos o el comité de servicios portuarios básicos compromete la independencia que todo órgano de este tipo debe tener, corriéndose el riesgo de sufrir un fenómeno de captura del regulador.

Uno de los objetivos de la regulación portuaria es establecer un marco de libertad tarifaria, sin embargo las aportaciones de las sucesivas reformas normativas a este propósito han sido escasas. La recomendación en este sentido es que en los puertos o tráfico donde existe competencia suficiente no es preciso regular las tarifas y, en caso contrario, sería conveniente establecer algún sistema de revisión tarifaria (por ejemplo, del tipo *RPI-X*) que garantice la efectividad de la regulación. Este tipo de regulación, si bien ha sido aplicado con éxito a otros sectores económicos, es prácticamente inexistente en el ámbito portuario.

En el periodo comprendido entre los años 1990 y 2002, el tráfico portuario total ha crecido a una tasa del 3,4% anual. Por tipos de carga destaca el crecimiento de la mercancía en contenedor (un 11,8% anual) que, a pesar de ser la modalidad más dinámica (la tasa de contenerización ha aumentado 20 puntos porcentuales en el periodo), no es la que mayor peso tiene en la composición total (22%). Esta posición la ocupa el granel líquido, aunque su participación se ha ido reduciendo con el tiempo hasta alcanzar el 34% en el año 2002.

La mayoría de las diferentes modalidades de carga se encuentran altamente concentradas. La mayor concentración se registra en el tráfico de contenedores,

donde nueve puertos manejan el 96% de los mismos. Entre estos puertos destaca el de Algeciras que se ha convertido en *hub* del Mediterráneo.

El desarrollo de la conterización ha contribuido a reforzar el papel de los puertos en la cadena de transporte, integrándolos en un sistema global que ha de funcionar de forma continua, sin interrupciones al pasar la mercancía de un modo de transporte a otro. Al mismo tiempo, fenómenos como la globalización, la liberalización de la economía y la creación y expansión de grandes áreas comerciales, introducen incentivos para que los puertos funcionen de manera eficiente. Ante la influencia de los puertos en la competitividad de las regiones y países, el análisis de su eficiencia se convierte en una tarea de gran interés.

Las técnicas de estimación de la eficiencia productiva surgen una vez que el trabajo empírico pone de manifiesto que los productores, aún intentándolo, no siempre tienen éxito en alcanzar sus objetivos de optimización económica. Ante esta evidencia, los métodos econométricos evolucionan para estimar fronteras tecnológicas. El interés que éstas han despertado en las últimas décadas, reside en que permiten analizar las características de la estructura productiva y, al mismo tiempo, proporcionan una referencia con la que evaluar la eficiencia de las empresas. Esta información es de gran utilidad para los gestores de las empresas y para las autoridades económicas.

Las fronteras estocásticas permiten caracterizar la tecnología de la producción distinguiendo entre los efectos de factores aleatorios y los efectos de la ineficiencia. Las tecnologías multiproducto se han estimado fundamentalmente empleando el enfoque dual de la frontera de coste. Esta aproximación precisa tener datos sobre los precios de los factores, que en ocasiones no son fáciles de obtener, y además exige que sean exógenos, cuestión que es probable que no se cumpla en determinados sectores.

La función de distancia se plantea como un enfoque alternativo al método dual, sobre el que tiene la ventaja de tratar convenientemente las tecnologías multiproducto sin requerir datos de precios. Si bien este enfoque tiene cierta antigüedad teórica (Shephard, 1953, 1970), las aplicaciones empíricas son relativamente nuevas.

Así pues, la función de distancia se presenta como un método ideal para evaluar la eficiencia de actividades multiproductivas en industrias donde es difícil obtener datos económicos de los que derivar los precios, o donde los factores no se adquieren en mercados competitivos, o donde la existencia de subvenciones cruzadas distorsiona los precios.

La evaluación de la eficiencia y la productividad en el ámbito portuario es una tarea reciente que data de comienzos de la década de los años 90. Además de obtener una medida global de la eficiencia de los puertos, estos estudios se plantean objetivos más amplios como averiguar la influencia sobre la eficiencia de la estructura administrativa y de tipo de propiedad de los puertos o evaluar el efecto de las reformas portuarias.

Ya se ha expuesto, ante la diversidad de agentes que operan en los puertos, la necesidad de referir el análisis a un tipo de actividad concreta. Algunos de los estudios revisados intentan analizar la eficiencia de una actividad portuaria empleando datos relativos a los factores de producción que se emplean en otro sector, lo que introduce cierto grado de confusión en los estudios.

La metodología empleada para analizar la eficiencia en las actividades portuarias se distribuye a partes iguales entre métodos no paramétricos, representados por el *DEA*, y paramétricos, básicamente fronteras estocásticas. Estas últimas han utilizado de forma mayoritaria la forma funcional *translog*, que es la forma funcional flexible más aplicada en el análisis empírico.

En relación a las variables, en la mayoría de los trabajos se mide el producto portuario a partir de las cantidades físicas de mercancía y, a pesar de reconocer que las actividades portuarias tienen carácter multiproducto, no siempre lo reflejan, recurriendo a medidas agregadas. Los trabajos que sí lo hacen suelen distinguir entre mercancía general, granel líquido y granel sólido. Los factores productivos, trabajo y capital aparecen en casi todos los trabajos. Pocos autores han incorporado en sus trabajos variables que reflejen las particularidades del entorno donde operan los puertos.

En definitiva, y en comparación con el presente trabajo, cabe destacar que de las investigaciones revisadas, nueve incorporan el carácter multiproductivo de la industria portuaria, de las cuales sólo dos utilizan el método paramétrico. Tres de los trabajos anteriores estudian el tráfico de contenedores: dos emplean el *DEA* y uno la frontera estocástica de costes. Las variables del entorno que condicionan la eficiencia son analizadas en dos publicaciones, que no tratan de forma diferenciada el tráfico de contenedores, ni consideran la naturaleza multiproductiva del sector portuario, empleándose tales variables en una segunda etapa. Finalmente, la función de distancia es utilizada únicamente en una de las investigaciones sin explotar una de sus principales ventajas: reflejar procesos multiproductivos.

En este trabajo se ha estudiado la eficiencia técnica de las autoridades portuarias en relación al servicio de provisión de infraestructura en los principales puertos españoles en tráfico de contenedores durante el periodo 1990-2002. Este análisis obedece a varios motivos. Por una parte, se trata de evaluar si los cambios regulatorios que tuvieron lugar en la década de los años 90 permitieron mejorar la eficiencia de los puertos. De otro lado, se pretende averiguar si existen factores que condicionan el entorno en que operan los puertos que se traduzcan en condiciones operativas diferenciales para los puertos.

La especialización de los buques conduce a que la infraestructura proporcionada por las autoridades portuarias sea también cada vez más específica. Así se prestan servicios especializados tanto a pasajeros como a los diferentes tipos de mercancías. Este hecho justifica la necesidad de reflejar el producto portuario de manera que se recojan todas sus dimensiones.

Para estimar la eficiencia en la prestación del servicio mencionado se ha elegido la función de distancia, enfoque que supone una novedad en el ámbito portuario. La decisión se ha basado en que este método se adapta perfectamente al sector analizado: permite reflejar la naturaleza multiproductiva del sector y sólo requiere datos físicos. Esta última cualidad reviste especial utilidad en el presente estudio, pues los datos económico-financieros de las autoridades portuarias, en el periodo de tiempo contemplado, no son comparables, ni homogéneos, debido al cambio en el sistema contable que tiene lugar en 1993.

La función de distancia se ha estimado orientada al output debido a que las autoridades portuarias tienen cierta capacidad de decisión sobre la demanda ya que, a través del sistema de concesiones, pueden decidir sobre el tipo de empresas que se instalan en los puertos y, por tanto, aunque de manera indirecta, deciden el tipo de mercancías que se maneja en el puerto. Al mismo tiempo, las políticas comerciales y promocionales tienen como principal objetivo mantener y captar nuevos tráficos. Frente a ello, la capacidad de decisión sobre los inputs, se encuentra más limitada, ya que en su mayoría se trata de infraestructura, mucho más difícil de ajustar, sobre todo si es a la baja.

El modelo aplicado es el de Battese y Coelli (1988), en el que la eficiencia se considera invariante en el tiempo. Sin embargo, para valorar si los cambios en el sistema regulatorio de los puertos ejercieron algún efecto sobre la eficiencia portuaria es preciso admitir cierta variación temporal de la eficiencia. A tal fin se realiza una estructuración de los datos en los tres periodos en que se supone pudieron tener lugar los cambios, considerándose que los puertos en cada periodo son independientes de los puertos en los demás periodos. Con esto se

consigue estimar la eficiencia en cada uno de los periodos, aunque ésta permanece constante dentro de cada uno de ellos.

Para valorar la influencia de variables que pudieran suponer condiciones operativas más favorables para un puerto que para otro se han utilizado dos variables binarias. Una recoge la posibilidad de que el puerto sea insular (con el poder de mercado que le atribuye un tráfico cautivo) o continental (donde las posibilidades de sustitución proporcionan cierto grado de competencia entre puertos). La otra variable distingue los puertos que tiene refinería y, por tanto, una mayor cantidad de tráfico de granel líquido asegurado. Con esto se logra obtener una medida de la eficiencia neta de los efectos de ambas variables.

Las autoridades portuarias más eficientes han resultado ser Valencia, Bilbao y Bahía de Algeciras; las dos primeras con poca variación en el tiempo y la tercera con una reducción de la eficiencia en torno al 10%. Las autoridades portuarias menos eficientes han sido Santa Cruz de Tenerife, que además ha visto reducir su eficiencia en casi un 12%, y Alicante que, por el contrario, ha experimentado una mejora de casi 24 puntos porcentuales.

Para el conjunto de los puertos analizado, existe evidencia de que no se ha producido una mejora de la eficiencia técnica. Los índices de eficiencia técnica han permanecido prácticamente constantes, pues en media se ha pasado de un 92% en el primer periodo a un 91% en el último. Este resultado permite afirmar que el cambio en la regulación no supuso un aumento de la eficiencia técnica de los puertos analizados. Esta conclusión era de esperar, pues la reforma consistió básicamente en una descentralización de la gestión sin proceder a una auténtica liberalización de los servicios.

Los coeficientes de las variables temporales han permitido calcular el progreso técnico. Las autoridades portuarias comienzan a experimentar avance tecnológico muy intenso a partir de la reforma llevada a cabo a finales del año 1992. La mayor tasa de progreso se produce entre los años 1993-1994 y 1994-1995 (14% y 15%, respectivamente), justo después de la primera reforma. Posteriormente se asiste a tasas más moderadas (de ellas la más alta se registra el año siguiente a la segunda reforma, un 10%) y, en los últimos años, a un estancamiento. En cualquier caso, es preciso tener en cuenta que factores económicos distintos de la regulación (periodos de crecimiento o de crisis económica, liberalización del transporte marítimo) han podido influir en el cambio tecnológico estimado.

Por último, las características incorporadas al análisis para representar el entorno en que operan los puertos (carácter insular o continental y la existencia de refinerías en las inmediaciones de los puertos) han resultado ser significativas e indican un desplazamiento hacia fuera de la frontera. De ellas el efecto de la variable que recoge el hecho de que existan refinerías próximas a los puertos es más fuerte que la naturaleza insular del puerto.

Referencias bibliográficas

- Aigner, D., Lovell, C.A.K. y Schmidt, P. (1977): "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Ali, A.I. y Seiford, L.M. (1993): "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis" en Fried, H., Lovell, C.A.K. y Schmidt, S.S. (eds.).
- Álvarez, A. (coordinador) (2001): *La medición de la eficiencia y la productividad*, Ediciones Pirámide, Madrid, 2001.
- Álvarez, A. y Orea, L. (2001): "Different Methods of Modelling Multi-Species Fisheries Using a Primal Approach", Efficiency Series Paper 4/2001, Permanent Seminar on Efficiency and Productivity, Universidad de Oviedo.
- Australian Productivity Commission (1998): "International Benchmarking of the Australian Waterfront", Canberra, Australia: Ausinfo.
- Autoridades Portuarias (1990-2002): *Memoria anual*, Bahía de Algeciras, Alicante, Baleares, Barcelona, Bilbao, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Valencia y Vigo.
- Averch, H. y Johnson, L.L. (1962): "Behaviour of the Firm under Regulatory Constraint", *American Economic Review*, 52, 1053-1069.
- Baird, A. (1995): "Privatization of Trust Ports in the United Kingdom: Review and Analysis of the First Sales", *Transport Policy*, 2, 135-143.
- Banker, R.D. y Morey, R.C. (1986): "The Use of Categorical Variables in DEA", *Management Science*, 32 (12), 1613-1627.
- 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), 1078-1092.
- Baños Pino, J., Coto Millán, P. y Rodríguez Álvarez, A. (1999): "Allocative Efficiency and Over-capitalization: an Application", *International Journal of Transport Economics*, XXVI (2), 181-199.
- Baños Pino, J., Fernández Blanco, V. y Rodríguez Álvarez, A. (2002): "The Allocative Efficiency Measure by Means of a Distance Function: the Case of Spanish Public Railways", *European Journal of Operational Research*, 137, 191-205.
- Battese, G.E. (1992): "Frontier Production Functions and Technical Efficiency: a Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics", *Agricultural Economics*, 7, 185-208.
- Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1992): "Frontier Production Function, Technical Efficiency and Panel Data: with Application to Paddy Farmers in India", *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.

- Battese, G.E. y Coelli, T.J. (1995): "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production for Panel Data", *Empirical Economics*, 20, 325-33.
- Battese, G.E. y Corra, G.S. (1977): "Estimation of a Production Frontier Model: with Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21, 169-179.
- Battese, G.E., y Coelli, T.J. (1988): "Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics*, 38, 387-399.
- Bauer, P.W. (1990): "Recent Developments in the Econometric Estimation of Frontiers", *Journal of Econometrics*, 46, 39-56.
- Bauer, P.W., Berger, A.N., Ferrier, G.D. y Humphrey, D.B. (1993): "Efficiency and Productivity Growth in U.S. Banking" en Fried, H., Lovell, C.A.K. y Schmidt, S.S. (eds.).
- Bauer, P.W., Berger, A.N., Ferrier, G.D. y Humphrey, D.B. (1998): "Consistency Conditions for Regulatory Analysis of Financial Institutions: a Comparison of Frontier Efficiency Methods", *Journal of Economics and Business*, 50, 85-114.
- Bennathan, E. y Walters, A.A. (1979): *Port Pricing and Investment Policy for Developing Countries*, Oxford University Press.
- Bobrovitch, D. (1982): "Decentralised Planning and Competition in a National Multi-Port System", *Journal of Transport Economics and Policy*, 16 (1), 31-42.
- Bonilla, M., Medal, A., Casasús, T. y Sala, R. (2002): "The Traffic in Spanish Ports: an Efficiency Analysis", *International Journal of Economics Transport*, XXIX (2), 215-230.
- Chang, S. (1978-a): "In Defence of Port Economic Impact Studies", *Transportation Journal*, 17 (3), 79-85.
- Chang, S. (1978-b): "Production Function and Capacity Utilization of the Port of Mobile", *Maritime Policy and Management*, 5, 297-305.
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978): "Measuring the Efficiency on Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y. y Seiford, L.M. (1995): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Chlomoudis, C.I. y Pallis, A.A. (2002): *European Port Policy: the Movements towards a Long-term Strategy*, Edward Elgar, Cambridge, 2002.
- Christensen, L.R., Jorgenson D.W. y Lau, L.J. (1973): "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", *Review of Economics and Statistics*, 28-45.
- Coelli, T. (1995-a): "Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 13 (3), 219-245.

- Coelli, T. (1995-b): "Estimators and Hypothesis Tests for a Stochastic Frontier Function: a Monte Carlo Analysis", *Journal of Productivity Analysis*, 6, 247-268.
- Coelli, T. y Perelman, S. (1996): "Efficiency Measurement, Multiple-Output Technologies and Distance Functions: with Application to European Railways", (CREPP) 96/05, Université de Liège.
- Coelli, T. y Perelman, S. (1999): "A Comparison of Parametric and Non-Parametric Distance Functions: with Application to European Railways", *European Journal of Operational Research*, 117, 326-339.
- Coelli, T. y Perelman, S. (2000): "Technical Efficiency of European Railways: a Distance Function Approach", *Applied Economics*, 32, 1967-1976.
- Coelli, T. y Perelman, S. (2001): "Medición de la eficiencia técnica en contextos multiproducto", en Álvarez, A. (coordinador).
- Coelli, T., Prasada Rao, D.S. y Battese, G.E. (1999): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publisher, USA.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1997): "Libro verde sobre los puertos y las infraestructuras marítimas", COM(1997) 678 final, Bruselas, 10.12.1997.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1998): "Tarifas justas por el uso de infraestructuras: estrategia gradual para un marco común de tarificación de infraestructuras de transporte en la UE", COM(1998) 466 final, Bruselas, 22.07.1998.
- Comisión de las Comunidades Europeas (2000): Directiva 2000/52/CE de la Comisión de 26 de julio de 2000, por la que se modifica la Directiva 80/723/CEE relativa a la transparencia de las relaciones financieras entre los Estados miembros y las empresas públicas, DOCE-L, 193/75.
- Comisión de las Comunidades Europeas (2001): "Documento de trabajo de los servicios de la Comisión sobre los regímenes de financiación pública y los sistemas de tarificación en el sector portuario de la Comunidad", SEC (2001) 234, Bruselas, 14.2.2001.
- Comisión de las Comunidades Europeas (2001): "Libro blanco. La política europea de transportes de cara al 2001: la hora de la verdad", COM(2001) 370 final, Bruselas, 12.9.2001.
- Consejo de las Comunidades Europeas (1992): Reglamento (CEE) núm. 3577/92, de 7 de diciembre, por el que se aplica el principio de libre prestación de los servicios a los transportes marítimos dentro de los estados miembro, DOCE-L, 364.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M. y Tone, K. (2000): *Data Envelopment Analysis: a Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, London.

- Cornwell, C, Schmidt, P. y Sickles, R.C. (1990): "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels", *Journal of Econometric*, 46, 185-200.
- Coto Millán, P., Baños Pino, J. y Rodríguez Álvarez, A. (2000): "Economic Efficiency in Spanish Ports: some Empirical Evidence", *Maritime Policy and Management*, 27 (2), 169-174.
- Cuesta, R.A. (2000): "A Production Model with Firm-Specific Temporal Variation in Technical Inefficiency: with Application to Spanish Dairy Farms", *Journal of Productivity Analysis*, 13, 139-158.
- Cuesta, R.A. y Orea, L. (2002): "Mergers and Technical Efficiency in Spanish Saving Banks: a Stochastic Distance Function Approach", *Journal of Banking & Finance*, 26, 2231-2247.
- Cullinane, K., Song, D.W. y Gray, R. (2002): "A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures", *Transportation Research, Part A*, 36, 743-762.
- De Monie, G. (1987): "Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity", UNCTAD, Monographs on port management, 6.
- De Neufville, R. y Tsunokawa, K. (1981): "Productivity and Returns to Scale of Container Ports", *Maritime Policy and Management*, 8 (2), 121-129.
- De Rus, G., Betancor, O., González, M. y Trujillo, L. (1998): "Políticas de transporte para la economía canaria y la ZEC", abril, 1998, Departamento de Análisis Económico Aplicado, ULPGC.
- De Rus, G., Trujillo, L., Tovar, B. González, M. y Román, C. (1995): "La competitividad de los puertos españoles", septiembre, 1995, Tribunal de Defensa de la Competencia.
- Debreu, G. (1951): "The Coefficient of Resource Utilization", *Econometrica*, 19 (3), 273-292.
- Díaz, J.J. (2003): "Descomposición de la productividad, la eficiencia y el cambio técnico a través de la función de costes cuadrática. Una aplicación a la operación de estiba en España", tesis doctoral, Universidad de La Laguna.
- Dowd, T.J. y Leschine T.M. (1989): "Container Terminal Productivity: a Perspective", Washu-G-89-005 C3, Washington Sea Grant, Port Management Series.
- Drake, L. y Weyman-Jones, T.G. (1996): "Productive and Allocative Inefficiencies in U.K. Building Societies: a Comparison of Non-parametric and Stochastic Frontier Techniques", *The Manchester School*, LXIV (1), 22-37.
- Estache, A., González, M. y Trujillo, L. (2002): "Efficiency Gains from Port Reform and the Potential for Yardstick Competition: lessons from México", *World Development*, 30 (4), 545-560.

- Färe, R. y Primont, D. (1995): *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.
- Färe, R., Grosskopf, S. y Lovell, C.A.K. (1994): *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Great Britain.
- Farrell, M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, 120 (3), 253-267.
- Fernández Ordóñez, M.A. (2000): *La competencia*, Ciencias Sociales, Alianza Editorial, Madrid, 2000.
- Fernández, J.E., De Cea, J. y Fernández, J.M. (1999): "Port Privatization in Developing Countries: the Case of Container Terminals", *International Journal of Transport Economics*, XXVI (2), 293-314.
- Ferrier, G.D. y Lovell, C.A.K. (1990): "Measuring Cost Efficiency in Banking: econometric and Linear Programming Evidence", *Journal of Econometrics*, 46, 229-245.
- Førsund, F.R., Lovell, C.A.K. y Schmidt, P. (1980): "A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement", *Journal of Econometrics*, 13, 5-25.
- Fourgeaud (2000): "Measuring Port Performance", The World Bank Group, http://www.worldbank.org/transport/ports/con_docs/fourgeau.pdf.
- Fried, H.O., Lovell, C.A.K. y Schmidt, S.S. (eds.) (1993): *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Gathon, H.J. y Pestieau, P. (1995): "Decomposing Efficiency into its Managerial and its Regulatory Components: the Case of European Railways", *European Journal of Operational Research*, 80, 500-507.
- Goodman, A.C. (1984): "Port Planning and Financing for Bulk Cargo Ships. Theory and a North American Example", *Journal of Transport Economics and Policy*, 18 (3), 237-252.
- Goss, R. (1967): "Towards an Economic Appraisal of Port Investment", *Journal of Transport Economics and Policy*, 1 (3), 249-272.
- Goss, R. (1990): "Economic Policies and Seaports: 2. The Diversity of Port Policies", *Maritime Policy and Management*, 17, 221-234.
- Greene, W.H. (1990): "A Gamma-Distributed Stochastic Frontier Model", *Journal of Econometrics*, 46, 141-163.
- Heaver, T.D. (1995): "The Implications of Increased Competition among Ports for Port Policy and Management", *Maritime Policy and Management*, 22 (2), 125-133.
- Heggie, I. (1974): "Charging for Port Facilities", *Journal of Transport Economic and Policy*, 8 (1), 3-25.

- Huang, C. y Liu, J. (1994): "Estimation of a Non-Neutral Stochastic Frontier Production Functions", *Journal of Productivity Analysis*, 5 (2), 171-180.
- Informa Maritime and Transport (2002): *Containerization International Yearbook*, United Kingdom.
- Jansson, J.O. y Shneerson, D. (1982): *Port Economics*, The MIT Press, Massachusetts, 1982.
- Jara-Díaz, S.R., Cortés, C.E., Vargas, A.D. y Martínez Budría, E. (1997): "Marginal Costs and Scale Economies in Spanish Ports", 25th European Transport Forum, Proceedings Seminar, PTRC, London, 137-147.
- Jefatura del Estado (1992): Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, BOE 283.
- Jefatura del Estado (1997): Ley 62/1997, de 26 de diciembre, de modificación de la Ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, BOE 312.
- Jefatura del Estado (2003): Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, BOE 284.
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I.S. y Schmidt, P. (1982): "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Econometrics*, 19, 233-238.
- Juhel, M. (1997): "Government Regulation of Port Activities: what Balance Between Public and Private Sector?", *International Course on Privatization and Regulation of Transport Services*, World Bank, Washington, D.C.
- Kalirajan, K. (1981): "An Econometric Analysis of Yield Variability in Paddy Production", *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 29, 283-294.
- Kalirajan, K.P. y Shand, R.T. (1999): "Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures", *Journal of Economic Surveys*, 13 (2), 149-172.
- Kim, M. y Sachish, A. (1986): "The Structure of Production, Technical Change and Productivity in a Port", *The Journal of Industrial Economics*, XXXV (2), 209-223.
- Koopmans, T.C. (1951): "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities" en T.C. Koopmans (ed.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13, New York.
- Kumbhakar, S.C. (1987): "Production Frontiers and Panel Data: an Application to U.S. Class 1 Railroads", *Journal of Business and Economic Statistics*, 5 (2), 249-255.
- Kumbhakar, S.C. (1990): "Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency", *Journal of Econometrics*, 46, 201-211.
- Kumbhakar, S.C. y Lovell, C.A.K. (2000): *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, New York.

- Kumbhakar, S.C., Ghosh, S. y McGuckin, J.T. (1991): "A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms", *Journal of Business & Economic Statistics*, 9, 279-286.
- Laffont, J.J. y Tirole, J. (1998): *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, The MIT Press, Cambridge, 1998.
- Liu, Z. (1995): "The Comparative Performance of Public and Private Enterprise. The case of British Ports", *Journal of Transport Economics and Policy*, 29 (3), 263-274.
- Lovell, C.A.K. (1993): "Production Frontier and Productive Efficiency", en H. Fried, C.A.K. Lovell y S.S. Schmidt (eds.).
- Lovell, C.A.K. (2001): "Mirando hacia delante: oportunidades de investigación futura en el análisis de eficiencia y productividad", en Álvarez, A. (coordinador).
- Lovell, C.A.K., Richardson, S., Travers, P. y Wood, L. (1994): "Resources and Functionings: a New View of Inequality in Australia" en Eichhorn, W. (ed.), *Models and Measurement of Welfare and Inequality*, Springer-Verlag, Berlin.
- Malchow, M. y Kanafani, A. (2001): "A Disaggregate Analysis of Factors Influencing Port Selection", *Maritime Policy and Management*, 28 (3), 265-277.
- Martín, M. (2002): "El sistema portuario español: regulación, entorno competitivo y resultados. Una aplicación del análisis envolvente de datos", tesis doctoral, Universitat Rovira I Virgili.
- Martínez Budría, E. (1993): "Un análisis económico de los puertos. El sistema portuario español", tesis doctoral, Universidad de La Laguna.
- Martínez Budría, E. (1996): "Un estudio econométrico de los costes del sistema portuario español", *Revista Asturiana de Economía*, 5, 135-149.
- Martínez Budría, E., Díaz Armas, R., Navarro Ibañez, M. y Ravelo Mesa, T. (1999): "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Transport Economics*, XXVI, (2), 237-253.
- Martínez Budría, E., González Marrero, R. y Díaz Hernández, J.J. (1998): "Análisis económico de las sociedades estatales de estiba y desestiba en España", *Documento de trabajo 97/98-1*, Universidad de La Laguna.
- Meeusen, W. y Van den Broeck, J. (1977): "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review*, 18 (2), 435-444.
- Millington, J.E. (1998): "Modelling and Measuring the Performance of the Australian Waterfront: A Case Study of Coal Export Terminals, 1989-1996", thesis (masters), University of Queensland.
- Ministerio de Fomento (1998-a): Orden de 30 de julio de 1998 por la que se establecen los límites máximos y mínimos de las tarifas por servicios prestados por las autoridades portuarias, BOE 192.

- Ministerio de Fomento (1998-b): Orden de 30 de julio de 1998 por la que se establece el régimen de las tarifas por servicios portuarios prestados por las autoridades portuarias, BOE 192.
- Morrison, C.J., Johnston, W.E. y Frengley, G.A.G. (2000): "Efficiency in New Zealand Sheep and Beef Farming: the Impacts of Regulation Reform", *Review of Economics and Statistics*, 82 (2), 325-337.
- Nombela, G. y Trujillo, L. (1999): "El sector portuario español: organización actual y perspectivas", *Papeles de Economía Española*, 82, 71-85.
- Notteboom, T.E. (2002): "Consolidation and Contestability in the European Container Handling Industry", *Maritime Policy and Management*, 29 (3), 257-269.
- Notteboom, T.E., Coeck, C. 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*, 2 (2), 83-106.
- Notteboom, T.E., y Winkelmanns, W. (2001): "Structural Changes in Logistics: How will Port Authorities Face the Challenge?", *Maritime Policy and Management*, 28 (1), 71-89.
- Olsen, J.A., Schmidt, P. y Waldman, D.M. (1980): "A Monte Carlos Study of Estimators of the Stochastic Frontier Production Function", *Journal of Econometrics*, 13, 67-82.
- Orea, L. (2001): "Medición y descomposición de la productividad", en Álvarez, A. (coordinador).
- Orea, L. (2002): "Parametric Decomposition of a Generalized Malmquist Productivity Index", *Journal of Productivity Analysis*, 18, 5-22.
- Orea, L., Roibás, D. y Wall, A. (2004): "Choosing the Technical Efficiency Orientation to Analyze Firm's Technology: a Model Selection Test Approach", *Journal of Productivity Analysis* (forthcoming).
- Parlamento Europeo (1993): "*Política de puertos marítimos de la comunidad*", Documento de trabajo, Dirección General de Estudios.
- Pesaran, H. y Schmidt, P. (1997): "Introduction", en H. Pesaran y P. Schmidt (eds.).
- Pesaran, H. y Schmidt, P. (eds.) (1997): *Handbook of Applied Econometrics*, vol.II, Blackwell Publishers, Massachusetts, USA.
- Pestana, C. (2003): "Incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities", *Maritime Economics & Logistics*, 5 (1), 55-69.
- Pestieau, P. y Tulkens, H. (1994): "Assessing the Performance of Public Sector Activities: Some Recent Evidence from the Productive Efficiency Viewpoint", Discussion Paper n° 9060 (CORE), Université Catholique de Louvain.
- Peston, M.H. y Rees, R. (1971): *Port Costs and the Demand for Port Facilities*, National Ports Council, London.

- Pitt, M.M. y Lee, L.F. (1981): "The Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry", *Journal of Development Economics*, 9, 43-64.
- Puertos del Estado (1994). *Plan estratégico del sistema portuario de titularidad estatal*.
- Puertos del Estado (varios años-a): *Anuario estadístico del sistema portuario de titularidad estatal*.
- Puertos del Estado (varios años-b): *Informe de gestión del sistema portuario de titularidad estatal*.
- Reifschneider, D. y Stevenson, R. (1991): "Systematic Departures from the Frontier: a Framework for the Analysis of Firm Inefficiency", *International Economic Review*, 32 (3), 715-723.
- Reker, R.A., Connell, D. y Ross, D.I. (1990): "The Development of a Production Function for a Container Terminal in the Port of Melbourne", *Papers of the Australian Transport Research Forum*, 15, 209-218.
- Ritter, C. y Simar, L. (1997): "Pitfalls of Normal Gamma Stochastic Frontier Models", *Journal of Productivity Analysis*, 8 (2), 121-129.
- Robinson, R. y Everett, S. (1997): "Productivity of Australian Container Terminals: some Critical Issues", ITS-WP-97-3, The University of Sidney and Monash University.
- Rodríguez Álvarez, A. (2001): "La medida de la eficiencia asignativa en una organización burocrática: el sector hospitalario público español", tesis doctoral, Universidad de Oviedo.
- Rodríguez Álvarez, A. (2001): "Medición de la eficiencia asignativa con funciones de distancia", en Álvarez, A. (coordinador).
- Roll, Y. y Hayuth, Y. (1993): "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Policy and Management*, 20 (2), 153-161.
- Sachish, A. (1996): "Productivity Functions as a Managerial Tool in Israeli Ports", *Maritime Policy and Management*, 23 (4), 341-369.
- Saundry, R. y Turnbull, T. (1997): "Private Profit, Public Loss: the Financial and Economic Performance of U.K. Ports", *Maritime Policy and Management*, 24 (4), 319-334.
- Schmidt, P. (1985-86): "Frontier Production Functions", *Econometric Reviews*, 4 (2), 289-328.
- Schmidt, P. y Sickles, R.C. (1984): "Production Frontiers and Panel Data", *Journal of Business and Economic Statistics*, 2, 367-374.
- Seiford, L.M. (1996): "Data Envelopment Analysis: the Evolution of the State of the Art (1978-1995)", *Journal of Productivity Analysis*, 7, 99-137.

- Seiford, L.M. y Thrall, R.M. (1990): "Recent Developments in DEA, the Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46, 7-38.
- 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.
- Shleifer, A. (1985): "A Theory of Yardstick Competition", *Rand Journal of Economics*, 16 (3), 319-327.
- Shneerson, D. (1981): "Investment in Port Systems. A Case of the Nigerian Ports", *Journal of Transport Economics and Policy*, XV, 201-216.
- Shneerson, D. (1983): "Short Term Planning for a Ports System", *Maritime Policy and Management*, 10 (4), 217-250.
- Slack, B. (1985): "Containerization, Inter-port Competition and Port Selection", *Maritime Policy Management*, 12 (14), 293-303.
- Stevenson, R.E. (1980): "Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation", *Journal of Econometrics*, 13, 57-66.
- Suykens, F. (1982): "A few Observations on Productivity in Seaports", Deputy General Manager, Port of Antwerp, Belgium.
- Suykens, F. (1986): "Ports should be Efficient (even when this Means that some of them are Subsidized)", *Maritime Policy and Management*, 13 (2), 105-126.
- 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*, 25 (3), 251-261.
- Talley, W.K. (1994): "Performance Indicators and Port Performance Evaluation", *Logistics and Transportation Review*, 30 (14), 339-352.
- Tirole, J. (1992): *The Theory of Industrial Organization*, The MIT Press, Cambridge, 1992.
- Tongzon, J.L. (1993): "The Port of Melbourne Authority's Pricing Policy: its Efficiency and Distribution Implications", *Maritime Policy and Management*, 20 (13), 197-205.
- Tongzon, J.L. (1995-a): "Systematizing International Benchmarking for Ports", *Maritime Policy and Management*, 22 (12), 171-177.
- Tongzon, J.L. (1995-b): "Determinants of Port Performance and Efficiency", *Transportation Research, Part A*, 29 (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.

- Tovar, B. (2002): “Análisis multiproductivo de los costes de manipulación de mercancías en terminales portuarias. El Puerto de La Luz y de Las Palmas”, tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Tovar, B., Jara-Díaz, S. y Trujillo, L. (2003): “A Multioutput Cost Function for Port Terminals. Some Guidelines for Regulation”, Policy Research Working Paper, 3151, The World Bank.
- Trujillo, L., y Nombela, G. (2000): “Seaports”, en Estache, A. y De Rus, G. (eds.), *Privatization and Regulation of Transport Infrastructure, Guidelines for Policymakers and Regulators*, WBI Development Studies, The World Bank, , Washington, D.C.
- UNCTAD (2003): *Review of Maritime Transport 2003*, United Nations, New York, Geneva, <http://www.unctad.org>.
- Valentine, V.F. y Gray, R. (2001): “The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis”, 9th World Conference on Transport Research, Seoul, Korea.
- Waters, R.C. (1977): “Port Economic Impact Studies: Practice and Assessment”, *Transportation Journal*, 16 (3), 14-18.
- World Bank (2001): Port Reform Toolkit, <http://www.worldbank.org/html/fpd/transport/ports/toolkit.htm>