

5. EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: UN ESTUDIO EMPÍRICO

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
EL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: REGULACIÓN, ENTORNO COMPETITIVO Y RESULTADOS. UNA APLICACIÓN DEL
ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS
Mónica Martín Bofarull
ISBN:978-84-693-4063-9/DL:T-1162-2010

5.1. Modelización de la producción del sistema portuario español: variables para la estimación empírica	209
5.2. Análisis comparativo de la eficiencia técnica: un enfoque a corto plazo	219
5.3. Análisis comparativo de la evolución de la productividad: una aproximación a través del índice de <i>Malmquist</i>	229
5.4. Conclusiones	239

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
EL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: REGULACIÓN, ENTORNO COMPETITIVO Y RESULTADOS. UNA APLICACIÓN DEL
ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS
Mónica Martín Bofarull
ISBN:978-84-693-4063-9/DL:T-1162-2010

La actividad portuaria comprende un conjunto de servicios cuya combinación es necesaria para que un puerto pueda llevar a cabo su función principal: el intercambio de mercancías entre el transporte marítimo y el terrestre. La existencia de condiciones de monopolio natural en gran parte de la actividad productiva ha dado lugar a que se extienda esta consideración al puerto en su conjunto. Así, las limitaciones para el desarrollo de unas condiciones de mercado han originado una situación de actividades reguladas en el ámbito portuario.

En términos generales, se pueden destacar dos reformas importantes dentro del ámbito portuario español: por un lado, la reestructuración de la estiba, iniciada en 1986, que trata de adecuar la plantilla de trabajadores a los avances tecnológicos del sector; por otro, el proceso de transformación de los puertos hacia un modelo del tipo *landlord*, potenciado por la Ley de Puertos de 1992 y su modificación de 1997. Este segundo cambio parte del supuesto de que la actividad portuaria es susceptible de desarrollarse con cierto nivel de competencia mediante un adecuado régimen de regulación.

Este conjunto de medidas introducido en los puertos españoles trata de fomentar la competitividad intraportuaria e interportuaria, con el objetivo de conseguir comportamientos más eficientes en el desarrollo de la actividad portuaria. Por tanto, un indicador del éxito de la reforma vendrá dado por las mejoras de eficiencia y productividad que experimenten los puertos que integran el sistema portuario español.

Este capítulo se centra en analizar en qué medida se ha conseguido el objetivo de eficiencia perseguido por la reforma. Con este propósito, se utilizan las técnicas no paramétricas presentadas en el capítulo anterior y se cuantifican, en términos no monetarios, la evolución de la eficiencia y los avances en productividad. Todos los cálculos se han programado y resuelto utilizando el *software* de programación matemática denominado GAMS.¹⁷⁵

En primer lugar, se construye una función de producción no paramétrica utilizando un conjunto de datos estadísticos sobre la muestra de Autoridades Portuarias existentes en España: el periodo de estudio abarca los años 1990 a 1999 y los datos se combinan con el objetivo de modelizar la actividad productiva que se lleva a cabo en los puertos españoles. Seguidamente, se realiza un estudio de la eficiencia técnica en términos de estática comparada, con el objetivo de analizar los resultados a corto plazo. El capítulo prosigue con el análisis, desde una perspectiva dinámica, de la evolución de los avances de productividad experimentados durante el periodo de estudio; para este segundo enfoque se utiliza el índice de *Malmquist*, que permite descomponer el cambio productivo en mejoras de eficiencia y progreso técnico. El capítulo se cierra con la exposición de las conclusiones del estudio empírico.

¹⁷⁵ El *software* GAMS (*General Algebraic Modelling System*) se compone de un lenguaje de modelización base que incorpora diferentes *solvers* (algoritmos de resolución de problemas), entre los cuales se encuentran los de programación lineal.

5.1. Modelización de la producción del sistema portuario español: variables para la estimación empírica

La actividad portuaria combina un conjunto de factores productivos que facilitan el flujo de mercancías. Por tanto, el resultado de esta actividad se puede medir por el volumen de tráficos que pasa por un puerto. La estructura productiva portuaria vendrá determinada por los *inputs* necesarios para conseguir ese resultado.

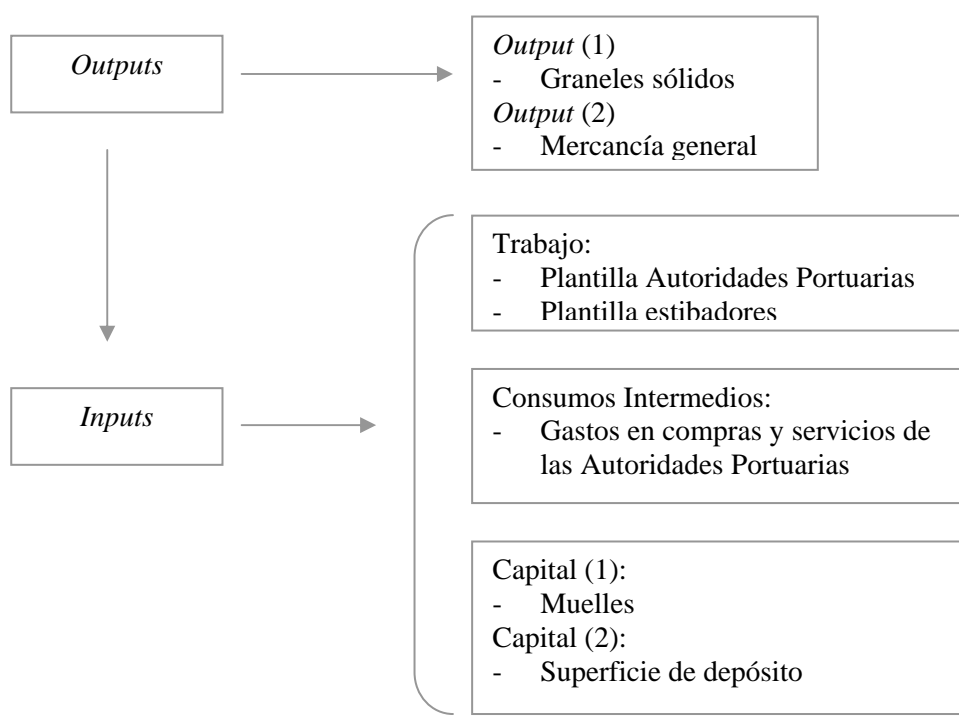
Con objeto de modelizar la función de producción portuaria a partir del movimiento de la mercancía, junto con los factores productivos utilizados, es necesario acotar el ámbito de la actividad que es objeto de estudio. En este trabajo se considera objeto de análisis la actividad global de un puerto. Por consiguiente, las variables que se utilizan no incorporan de forma individualizada los servicios que se prestan en un puerto. Así pues, los estudios empíricos que se desarrollan en los epígrafes siguientes tienen por objetivo analizar la eficiencia y el crecimiento productivo experimentado por los puertos españoles desde una perspectiva global.

La unidad de análisis con la que se trabaja es la Autoridad Portuaria. Sin embargo, la disponibilidad de información estadística relacionada tanto con el movimiento de mercancías como con los factores productivos necesarios condiciona las variables que modelizan la función de producción y, en consecuencia, su utilización en los estudios empíricos.

La modelización de la función de producción de la actividad portuaria requiere precisar qué *outputs* constituyen el resultado y qué factores productivos se necesitan para obtenerlo (véase esquema 5.1). Teniendo en cuenta que los puertos se caracterizan por mover varios tipos de tráfico, se modeliza una función de producción multiproducto. Para ello se diferencian

dos tipos de *output*: los graneles sólidos y la mercancía general, ambos medidos en toneladas anuales. Para el movimiento de estos tráficos se considera necesaria la utilización de tres *inputs* básicos: trabajo, consumos intermedios y capital.

Esquema 5.1. Función de producción portuarias: variables



El factor trabajo incorporado en la función de producción considera la intervención tanto del personal de administración de las Autoridades Portuarias como de la plantilla de estibadores. La actividad de estiba resulta imprescindible en el movimiento de graneles sólidos y mercancía general; sin embargo, su participación en los graneles líquidos es mínima e, incluso, nula. Esta peculiaridad de los tráficos líquidos ha condicionado que no sean considerados dentro del *output* portuario, de manera que se logra una mayor

relación entre el producto obtenido y el factor trabajo necesario para utilizarlo.

Los consumos intermedios requeridos en la actividad portuaria deberían incluir todos los materiales utilizados. Sin embargo, debido a que no se dispone de datos estadísticos relacionados con esta variable, se ha incorporado una aproximación a ese factor. Con este objetivo, se ha tenido en cuenta en la función de producción el valor en términos reales de los gastos en compras y servicios de cada Autoridad Portuaria (en millones de pesetas constantes).

La importancia de los costes hundidos en la actividad portuaria conduce a que el factor capital sea una variable relevante de la función de producción. Por ello se consideran dos componentes de este factor: los muelles y la superficie de depósito.¹⁷⁶ Los metros lineales de muelles incluyen aquellos que permiten atracar y, por tanto, descargar graneles sólidos y mercancía general. Los metros cuadrados de superficie destinados al depósito de estos tráficos se convierten así en elementos determinantes en el movimiento de mercancías en un puerto.

Cuadro 5.1. Estadísticos descriptivos de la muestra en el periodo 1990-1999

Variable	Unidades	Media	Desviación Estándar	Máximo	Mínimo
<i>Output</i> (1)	Toneladas de graneles sólidos (miles)	2.659	2.736	16.185	14
<i>Output</i> (2)	Toneladas de mercancía general (miles)	2.577	3.810	22.101	61
Trabajo	Plantilla media	393	278	1.462	68
Materiales	Millones de pesetas (precios constantes)	525	534	3.333	48
Capital (1)	Metros lineales de muelle	3.774	2.625	11.981	180
Capital (2)	Metros cuadrados de superficie de depósito	453.851	509.394	2.398.893	29.475

¹⁷⁶ La información disponible sobre grúas no permite diferenciar cuáles están en explotación y cuáles en desuso. Por este motivo, no se han incluido en el análisis.

Para obtener los datos que modelizan la función de producción se ha recurrido a diferentes fuentes estadísticas. Todos los datos de la muestra se han tenido que limitar al periodo 1990-1999 y se resumen a través de sus estadísticos descriptivos en ese periodo en el cuadro 5.1.¹⁷⁷ En particular, se cuenta con información de las 27 Autoridades Portuarias procedente de las siguientes fuentes:

- Memorias individuales de las diferentes Autoridades Portuarias
- Memorias de la Dirección General de Puertos hasta 1992
- Memorias de Puertos del Estado desde 1993
- Datos suministrados por Puertos del Estado
- Datos suministrados por el Instituto Social de la Marina (Seguridad Social)

Los datos relacionados con el tráfico de graneles sólidos y de mercancía general proceden de las memorias de la Dirección General de Puertos y de las que actualmente elabora Puertos del Estado. En los cuadros 5.2 y 5.3 se ofrece información relacionada con estos tráficós de cada una de las Autoridades Portuarias.

¹⁷⁷ La limitación del periodo temporal se debe a que los datos disponibles sobre el personal de estiba partían de 1990.

Cuadro 5.2. Tráfico de graneles sólidos y mercancía general por autoridades portuarias.

	Participación en toneladas de graneles sólidos (%)			Media ⁺	Tasa de crecimiento (%)	Participación en toneladas de mercancía general (%)		
	1990	1994	1999	90-99	90-99	1990	1994	1999
Alicante	1,19	1,85	1,85	1.154	8,78	1,40	0,99	1,11
Almería-Motril	10,35	9,29	8,16	6.685	1,62	0,60	0,72	0,55
Avilés	2,26	2,52	2,12	1.569	3,40	3,64	2,53	0,88
Bahía de Algeciras	2,59	3,01	2,93	1.943	5,35	13,68	19,01	21,85
Bahía de Cádiz	1,32	1,67	1,32	1.029	4,07	3,52	3,82	2,34
Baleares	2,07	1,61	2,19	1.299	4,63	7,47	6,32	5,89
Barcelona	6,94	5,45	4,56	4.200	-0,23	12,71	13,62	15,15
Bilbao	10,74	9,16	4,93	5.130	-3,73	8,63	8,79	7,23
Cartagena	2,16	2,48	3,31	1.992	8,62	2,27	0,46	0,58
Castellón	0,73	0,74	1,45	690	11,51	0,94	0,89	0,52
Ceuta	0,07	0,08	0,06	50	2,97	1,74	1,56	0,64
Ferrol-San Ciprián	1,63	7,31	8,02	4.862	22,04	0,44	0,42	0,40
Gijón	16,87	15,05	18,20	11.717	4,85	0,49	0,78	0,58
Huelva	5,64	5,91	6,16	4.261	4,99	0,75	0,53	0,84
La Coruña	3,55	3,85	3,76	2.640	4,67	0,36	0,26	0,26
Las Palmas	1,18	0,97	1,47	839	6,31	7,77	7,58	8,88
Málaga	1,56	1,55	1,37	1.191	2,70	1,12	1,08	0,37
Marín-Pontevedra	0,54	0,75	0,81	548	8,33	0,38	0,59	0,92
Melilla	0,02	0,06	0,06	38	15,04	0,81	1,15	0,62
Pasajes	1,38	2,92	2,89	1.972	12,03	4,60	2,15	1,65
Sta. C. de Tenerife	1,62	1,14	1,39	974	2,50	6,73	6,56	5,41
Santander	4,38	3,86	4,15	2.911	3,50	1,53	1,48	1,11
Sevilla	3,55	2,77	2,46	2.330	0,29	1,45	1,30	1,44
Tarragona	10,98	9,73	9,79	7.446	2,87	1,22	1,15	0,91
Valencia	5,59	5,31	5,66	3.601	4,20	12,88	12,87	16,99
Vigo	0,71	0,53	0,50	429	0,44	2,73	3,26	2,63
Villagarcía	0,37	0,40	0,43	287	5,79	0,16	0,13	0,24
TOTAL	100,00	100,00	100,00	71.782	4,06	100,00	100,00	100,00

* Miles de toneladas

En el cuadro 5.2, los datos sobre la participación de cada Autoridad Portuaria en ambos tráficos en relación con el total del sistema portuario se complementan con las tasas de crecimiento. El movimiento de graneles sólidos se concentra en los puertos de Almería-Motril, Gijón y Tarragona; no obstante, el puerto de Ferrol-San Ciprián, seguido del de Melilla, destaca por haber experimentado un incremento superior a la media durante el periodo estudiado. En relación con la mercancía general, ésta pasa en mayor medida por los puertos de la Bahía de Algeciras, Barcelona y Valencia; por otra parte, destaca el crecimiento, muy por encima de la media, del conjunto portuario en la Bahía de Algeciras, Marín-Pontevedra y Villagarcía.

El movimiento de graneles sólidos y mercancía general en el sistema portuario español ha diferido en sus tasas de crecimiento, que han sido del 4,06 y 7,15%, respectivamente. Además, el tráfico de graneles sólidos, caracterizado por su estacionalidad, ha tendido, en determinados productos, a transportarse en contenedores. Por su parte, la mercancía movida en contenedores, que se incluye en la mercancía general, experimentó un crecimiento importante desde mediados de la década de 1990; esta tendencia continúa dándose en la actualidad, y las previsiones apuntan en la misma dirección.

La información presentada en el cuadro 5.3 considera de forma conjunta el movimiento de graneles sólidos y mercancía general. En él se puede observar cuál es el peso de estos tráficos en el tráfico total de las distintas Autoridades Portuarias; el resto se atribuye a graneles líquidos. En el conjunto del sistema portuario, se ha pasado de una participación del 48,52% en 1990 a una del 61,60% en 1999. Esta evolución de signo positivo se constata en la mayoría de las Autoridades Portuarias.

Cuadro 5.3. Participación del tráfico de graneles sólidos y mercancía general sobre el tráfico total por Autoridades Portuarias (%)

	1990	1994	1999	Media* 90-99	TMMA 90-99
Alicante	56,84	89,40	94,18	1.826	4,35
Almería-Motril	96,55	91,16	89,08	7.078	-0,10
Avilés	85,27	84,32	80,60	3.096	0,62
Bahía de Algeciras	35,04	43,40	58,95	14.470	12,52
Bahía de Cádiz	91,13	92,15	95,41	2.975	4,94
Baleares	82,05	79,91	84,62	5.318	1,92
Barcelona	58,75	60,59	69,51	12.947	4,81
Bilbao	42,82	46,81	44,96	10.867	0,33
Cartagena	17,82	22,60	28,52	2.364	2,67
Castellón	11,63	14,04	20,10	1.132	6,89
Ceuta	32,65	19,33	27,79	876	-2,04
Ferrol-S. Ciprián	96,32	92,26	89,38	4.483	23,98
Gijón	89,25	88,58	92,30	11.603	2,17
Huelva	37,43	35,51	40,50	4.569	3,69
La Coruña	20,23	25,78	32,81	2.732	1,33
Las Palmas	62,91	62,88	71,03	5.569	5,90
Málaga	16,43	20,08	17,59	1.670	5,63
Marín-Pontevedra	96,44	98,78	100,00	910	8,52
Melilla	92,34	92,59	89,75	589	6,55
Pasajes	84,40	89,35	94,35	3.409	0,91
Sta. C. de Tenerife	36,50	39,54	44,97	5.111	3,37
Santander	83,10	87,15	93,16	3.657	3,30
Sevilla	94,20	90,30	92,17	3.103	3,55
Tarragona	29,60	31,99	38,35	7.910	2,15
Valencia	82,36	91,17	93,11	12.552	6,58
Vigo	67,04	75,80	98,25	2.259	5,27
Villagarcía	72,08	76,62	81,18	389	5,21
TOTAL	48,52	53,32	61,60	133.463	4,50

* Miles de toneladas

Los datos relacionados con la utilización de factores productivos en el movimiento de graneles sólidos y mercancía general proceden de diferentes fuentes estadísticas. En el cuadro 5.4 se ofrece la evolución de los cuatro *inputs* que reflejan el factor trabajo, los consumos intermedios y el capital, junto con la trayectoria de los *outputs*.

Cuadro 5.4. Evolución de las variables.

Tasas medias anuales acumuladas del período 1990-1999 por Autoridades Portuarias (%)

	Sólidos	General	Plantilla	C. Intermedios	Muelles	Superficie de depósito
	(Output 1)	(Output 2)	(Trabajo)	(Materiales)	(Capital 1)	(Capital 2)
Alicante	8,78	4,64	-3,66	3,36	-4,48	6,81
Almería-Motril	1,62	6,15	0,78	9,32	3,83	4,00
Avilés	3,40	-7,04	-2,53	-1,86	2,12	4,56
Bahía de Algeciras	5,35	12,29	3,98	8,27	0,67	-0,62
Bahía de Cádiz	4,07	2,89	-6,82	1,02	1,80	-6,50
Baleares	4,63	4,65	0,97	5,80	0,18	5,90
Barcelona	-0,23	9,05	-2,44	4,32	-0,39	5,25
Bilbao	-3,73	5,27	-4,18	-3,83	-2,59	3,27
Cartagena	8,62	-6,57	-7,47	2,56	3,37	5,00
Castellón	11,51	0,90	-2,70	12,28	4,04	5,95
Ceuta	2,97	-3,01	-1,79	6,62	1,84	0,00
Ferrol-S. Ciprián	22,04	6,10	-6,83	0,89	1,55	5,62
Gijón	4,85	8,96	-3,18	-1,70	-0,95	6,03
Huelva	4,99	8,44	-4,25	-1,68	1,70	4,78
La Coruña	4,67	3,99	-10,48	10,83	1,22	1,83
Las Palmas	6,31	8,60	-4,80	-0,75	1,95	6,84
Málaga	2,70	-4,09	-2,96	3,78	-0,67	6,46
Marín-Pontevedra	8,33	17,08	0,09	7,02	0,54	7,77
Melilla	15,04	4,46	-2,51	3,08	-0,05	-0,90
Pasajes	12,03	-3,31	-5,08	-6,59	-0,77	3,46
Sta. C. de Tenerife	2,50	4,85	-6,89	4,73	7,49	2,57
Santander	3,50	3,83	-5,66	1,54	1,81	8,92
Sevilla	0,29	7,07	-5,55	11,54	-5,09	3,57
Tarragona	2,87	4,15	-2,78	3,36	1,37	5,95
Valencia	4,20	10,17	-4,60	6,27	-2,53	3,86
Vigo	0,44	6,75	-6,62	5,63	1,63	4,72
Villagarcía	5,79	11,67	-10,80	4,48	2,15	2,86
<i>Total</i>	<i>4,06</i>	<i>7,15</i>	<i>-4,05</i>	<i>2,96</i>	<i>0,44</i>	<i>3,13</i>

El factor trabajo agrupa los trabajadores de la Autoridad Portuaria y el personal de estiba.¹⁷⁸ La plantilla de las Autoridades Portuarias está integrada, principalmente, por el personal que se ocupa de la gestión del puerto, mientras que los estibadores son los encargados de mover la

¹⁷⁸ En el anexo estadístico se puede consultar la evolución de esta variable por Autoridades Portuarias (véase cuadro AI.8).

mercancía desde el barco o de llevarla hasta él.¹⁷⁹ Las memorias de la Dirección General de Puertos han proporcionado la plantilla media de cada una de las Autoridades Portuarias hasta 1992; para el resto del periodo estudiado, la información procede de las memorias de cada una de las Autoridades Portuarias, o bien ha sido suministrada directamente por Puertos del Estado. Los datos sobre la plantilla de estiba también proceden de dos fuentes estadísticas distintas: el Instituto Social de la Marina (ISM), que ha proporcionado información hasta 1992, y Puertos del Estado, que la ha facilitado desde 1993. No obstante, se ha tenido que realizar un ajuste en la serie del ISM, debido a que la desagregación provincial de la Seguridad Social no coincide exactamente con la situación geográfica de las Autoridades Portuarias.

El enlace de las dos series relacionadas con la plantilla de estiba ha requerido ajustar los datos procedentes del ISM. En la serie suministrada por el ISM, la mayoría de las desagregaciones provinciales coincidían con la situación geográfica de los puertos. La excepción era la agrupación provincial de Cádiz, Gijón, La Coruña y Vigo. En estos casos, se asignó a cada uno de los puertos ubicados en ese ámbito geográfico la participación que tenía en 1993. De este modo, Cádiz se distribuyó entre los puertos de Bahía de Algeciras y Bahía de Cádiz; Gijón, entre Avilés y Gijón; La Coruña, entre Ferrol y La Coruña, y Vigo, entre Marín-Pontevedra y Vigo.

El consumo de materiales se ha estimado a través del gasto en bienes y servicios de las Autoridades Portuarias. Este dato procede de las cuentas anuales que cada Autoridad Portuaria incluye en su memoria. Al tratarse de una variable monetaria, ha sido necesario deflactarla; para ello se ha utilizado

¹⁷⁹ En la revisión de los estudios empíricos realizada en el capítulo anterior se ponía de manifiesto la falta de datos relacionados con el factor trabajo de estiba.

el índice de precios de bienes intermedios que suministra el Instituto Nacional de Estadística.

La información relacionada con las variables del factor capital procede de las memorias de la Dirección General de Puertos hasta 1992; a partir de ese año, los datos se toman de las elaboradas por Puertos del Estado. Los metros lineales de muelles seleccionados para el análisis son los que se destinan a los dos tipos de tráfico considerados, es decir, graneles sólidos y mercancía general.¹⁸⁰ La superficie medida en metros cuadrados es la que se destina al almacenamiento o depósito de la mercancía.¹⁸¹

Por cuanto respecta a las variables relacionadas con los factores productivos, se observa una tendencia generalizada a reducir plantilla, al tiempo que se incrementa el gasto en consumos intermedios, así como la disponibilidad de superficies de depósito. En cambio, para el conjunto del sistema, los metros lineales de muelles han aumentado muy levemente durante el periodo estudiado.

Los datos que conforman la muestra se utilizan para estudiar la evolución de la eficiencia y productividad portuarias. No obstante, los programas de optimización que se desarrollan en los epígrafes siguientes intentan reflejar también las características intrínsecas del proceso productivo portuario. Con este objetivo, en la modelización de la actividad de los puertos españoles se incorporan los rendimientos crecientes a escala y los costes hundidos.

¹⁸⁰ La información estadística relacionada con este factor clasifica los muelles según su empleo, lo que ha permitido seleccionar los destinados a mercancía general, Ro-Ro, graneles sólidos y contenedores.

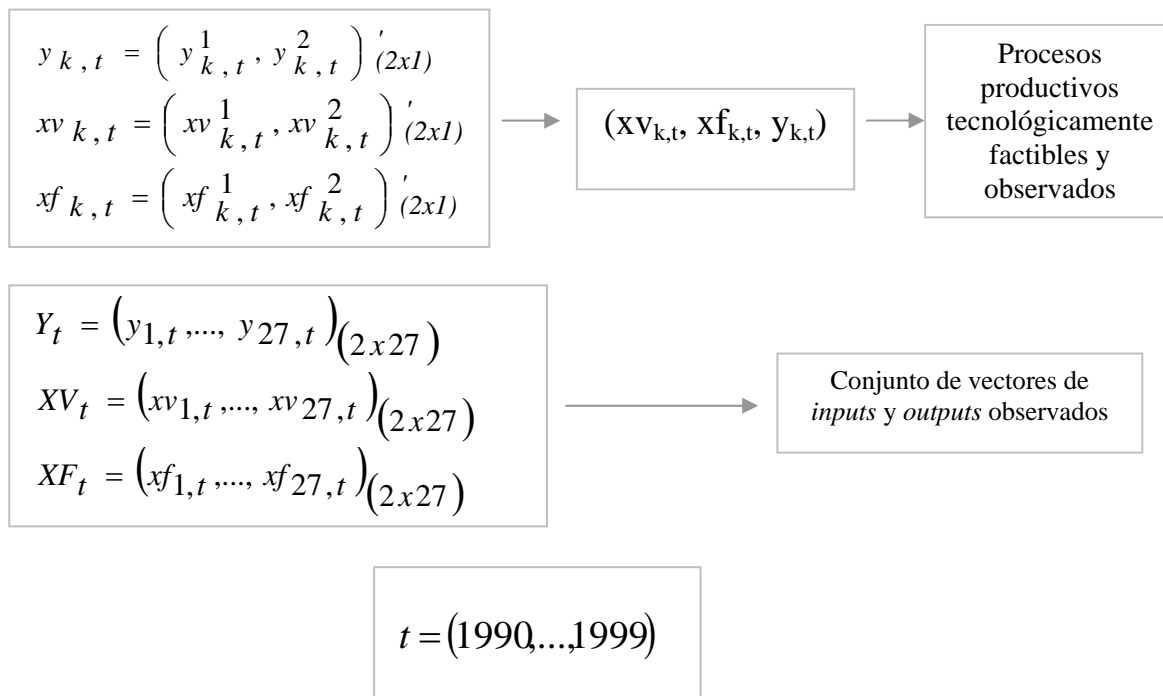
¹⁸¹ Los datos estadísticos sobre superficies de depósito incluyen las descubiertas, las cubiertas y abiertas, y las cerradas.

5.2. Análisis comparativo de la eficiencia técnica: un enfoque a corto plazo

El análisis del nivel de eficiencia por Autoridades Portuarias se realiza mediante un índice comparativo que se ha elaborado a partir de los programas de optimización matemática presentados en el capítulo anterior. La resolución de estos programas para cada uno de los años que comprende el periodo estudiado permite observar en qué medida ha mejorado la eficiencia de la actividad portuaria. Si los puertos, gradualmente, han dejado de ser unidades independientes aisladas de la competencia, deberían apreciarse ciertos logros en su eficiencia. La evolución de los niveles de eficiencia se estudia en términos relativos respecto a la unidad portuaria más eficiente para el conjunto del sistema portuario español.

El estudio comparativo de la eficiencia de los puertos españoles se realiza desde un punto de vista estático y se desarrolla empleando el modelo no paramétrico que caracteriza el corto plazo. Con objeto de ajustar este modelo a la realidad portuaria, se asume la minimización de *inputs* variables con rendimientos variables a escala, manteniendo unos factores fijos. La orientación al *input* se basa en la existencia de un *output* portuario que depende de factores ajenos al puerto. La dificultad de ajustar unos *inputs* de carácter fijo y hundidos en el desarrollo de la actividad portuaria implica considerarlos en el modelo. Finalmente, la existencia de importantes economías de escala es una característica de la actividad que debe contemplarse en el programa de optimización que se resuelve.

Esquema 5.2. El conjunto de variables de la muestra



Los datos que integran la muestra que es objeto de análisis se resumen en el esquema 5.2. Se dispone de información de las 27 Autoridades Portuarias (k) para el periodo 1990-1999 tanto acerca de los *outputs* como de los *inputs*. Los *outputs* considerados son los graneles sólidos (y^1) y la mercancía general (y^2); en los *inputs*, se distingue entre *inputs* variables (xv) e *inputs* fijos (xf). Esta desagrupación de los factores productivos se debe a que, a corto plazo, no se pueden ajustar los factores que integran el capital fijo, es decir, los muelles (xf^1) y la superficie destinada a depósito (xf^2). En cambio, el personal (xv^1) y los consumos intermedios (xv^2) se convierten en factores variables.

El conjunto de datos se utiliza para construir los programas de optimización, que se resuelven para cada una de las Autoridades Portuarias (k), así como para cada periodo (t). En la tabla 5.1 se presentan conjuntamente la progra-

mación matemática y los resultados que se obtienen acerca de los diferentes tipos de eficiencia.¹⁸²

En particular, los índices de eficiencia técnica y de eficiencia técnica pura se calculan a partir de la inversa de la función distancia en *inputs*, considerando, respectivamente, los rendimientos constantes y los variables. La combinación de estos dos valores permite calcular el indicador de eficiencia de escala. Los resultados se ofrecen en forma de índice con objeto de mostrar de forma conjunta los diferentes niveles de eficiencia de cada Autoridad Portuaria.

Tabla 5.1. Optimización matemática y tipos de eficiencia.

Programación matemática	Tipo de eficiencia		
$\left[D_I(x_k, y_k) \right]^{-1} = \text{Min } \theta^k$ <p>s.a.</p> $Y z \geq y_k$ $XV z \leq \theta^k xv_k$ $XF z \leq xf_k$ $z_k \geq 0$	Eficiencia técnica, θ^{RC} Rendimientos constantes		
	$\sum_{k=1}^{27} z_k = 1$ Eficiencia técnica pura, θ^{RV} Rendimientos variables	$\sum_{k=1}^{27} z_k \leq 1$ Eficiencia, θ^{RD} Rendimientos decrecientes	Eficiencia de escala, $\frac{\theta^{RC}}{\theta^{RV}}$
	Rendimientos crecientes o rendimientos decrecientes		

¹⁸² El modelo que se ajusta a estas hipótesis corresponde a la propuesta de Banker y Morey (1986) presentada en el capítulo 4.

En el cuadro 5.5 se recogen los índices de eficiencia obtenidos para los años inicial y final del periodo estudiado.¹⁸³ Los resultados combinan el índice de eficiencia técnica (ET), el de eficiencia técnica pura (ETP) y el de eficiencia de escala (EE). Los valores de cada uno de estos índices permiten comparar la eficiencia de cada una de las Autoridades Portuarias con respecto a las más eficientes del sistema portuario. Así, un resultado igual a la unidad señala que la Autoridad Portuaria está situada en la frontera del sistema portuario español asociada a un año determinado, mientras que valores inferiores a la unidad indican que la Autoridad Portuaria se encuentra por debajo de la frontera, lo que es muestra de ineficiencia técnica.

La media del índice de eficiencia del conjunto de puertos en 1990 era de 0,388, lo que sugiere que podrían alcanzarse los mismos niveles de *outputs* manteniendo los *inputs* fijos con una reducción del consumo de factores variables del 62%. En relación con las causas de esta ineficiencia, los resultados muestran que el índice de ineficiencia técnica pura es de 0,685 y, además, que la mayor parte de puertos no situados en la frontera presentan rendimientos crecientes a escala. Este dato indica que, dado el tamaño de los puertos, su alejamiento respecto a la frontera con rendimientos variables a escala supone un consumo adicional de *inputs* que se aproxima al 31%. Ello lleva a considerar que la ineficiencia de escala es responsable del resto de ineficiencia técnica.

En 1999, el índice de eficiencia técnica, en términos medios, ha mejorado levemente con respecto al obtenido en 1990. La media para el conjunto del sistema portuario es de 0,403, lo que indica que, con una reducción del 60% de los *inputs* variables, se podría alcanzar el mismo *output*. Sin embargo, en 1999, dado el tamaño de los puertos, la ineficiencia de escala también incide

¹⁸³ En el anexo empírico se pueden consultar los resultados obtenidos para cada uno de los años del periodo.

en las ineficiencias técnicas. Esto ocurre porque el alejamiento con respecto a la frontera con rendimientos variables a escala lleva a una reducción de *inputs* del 41%. En consecuencia, el origen del resto de ineficiencia técnica, según los resultados de los niveles de eficiencia técnica pura, cabe buscarlo en las ineficiencias de escala.

Cuadro 5.5. Descomposición de la eficiencia técnica y tipo de rendimientos

	1990				1999			
	E.T.	E.T.P.	E.E.	R.Escala	E.T.	E.T.P.	E. E.	R.Escala
Alicante	0,224	0,444	0,505	Crec.	0,240	0,439	0,547	Crec.
Almeria-Motril	1,000	1,000	1,000	***	0,552	0,579	0,953	Decrec.
Avilés	0,551	0,708	0,778	Crec.	0,232	0,433	0,536	Crec.
Bahía de Algeciras	1,000	1,000	1,000	***	1,000	1,000	1,000	***
Bahía de Cádiz	0,404	0,512	0,789	Crec.	0,350	0,518	0,676	Crec.
Baleares	0,842	0,949	0,887	Crec.	0,570	0,654	0,872	Crec.
Barcelona	0,396	1,000	0,396	Decrec.	0,526	0,527	0,998	Decrec.
Bilbao	0,399	1,000	0,399	Decrec.	0,409	0,424	0,965	Crec.
Cartagena	0,367	0,507	0,724	Crec.	0,195	0,344	0,567	Crec.
Castellón	0,385	0,907	0,424	Crec.	0,170	0,451	0,377	Crec.
Ceuta	0,426	1,000	0,426	Crec.	0,174	0,607	0,287	Crec.
Ferrol- San Ciprián	0,326	0,911	0,358	Crec.	1,000	1,000	1,000	***
Gijón	0,409	1,000	0,409	Decrec.	1,000	1,000	1,000	***
Huelva	0,184	0,255	0,722	Crec.	0,242	0,284	0,852	Crec.
La Coruña	0,188	0,319	0,589	Crec.	0,164	0,324	0,506	Crec.
Las Palmas	0,346	0,375	0,923	Crec.	0,595	0,655	0,908	Crec.
Málaga	0,202	0,415	0,487	Crec.	0,094	0,294	0,320	Crec.
Marín-Pontevedra	0,211	1,000	0,211	Crec.	0,397	1,000	0,397	Crec.
Melilla	0,304	1,000	0,304	Crec.	0,281	1,000	0,281	Crec.
Pasajes	0,299	0,376	0,795	Crec.	0,282	0,403	0,700	Crec.
Santa Cruz de Tenerife	0,446	0,491	0,908	Crec.	0,461	0,552	0,835	Crec.
Santander	0,195	0,269	0,725	Crec.	0,235	0,326	0,721	Crec.
Sevilla	0,247	0,371	0,666	Crec.	0,311	0,486	0,640	Crec.
Tarragona	0,252	0,331	0,761	Decrec.	0,214	0,301	0,711	Decrec.
Valencia	0,492	1,000	0,492	Decrec.	0,724	0,764	0,948	Decrec.
Vigo	0,233	0,349	0,668	Crec.	0,285	0,434	0,657	Crec.
Villagarcía	0,155	1,000	0,155	Crec.	0,177	1,000	0,177	Decrec.
<i>Media</i>	0,388	0,685	0,611		0,403	0,585	0,683	
<i>Desviación. Estándar</i>	0,228	0,305	0,240		0,265	0,255	0,258	

*** No aparecen ineficiencias de escala

En el corto plazo, dada la presencia de costes hundidos, se detectan cambios importantes en el resultado obtenido por el conjunto puertos españoles entre 1990 y 1999. La mejora del indicador de eficiencia pone de manifiesto, indirectamente, que las iniciativas de la reforma están teniendo el efecto deseado. Ahora bien, no hay que perder de vista que la introducción de medidas con objeto de incentivar la competencia intraportuaria e interportuaria han mejorado, en gran medida, las eficiencias de escala. Así, si se comparan los niveles de eficiencia medios obtenidos en 1990 con los que resultan en 1999, se observa un mayor ajuste de los factores productivos en el corto plazo, dada la dificultad que tienen los puertos para ajustar los *inputs* fijos. Cabe subrayar que el origen de esta mejora en el comportamiento radica en la eficiencia de escala, ya que, como consecuencia del tamaño más productivo en que determinados puertos desarrollan su actividad, el resto de puertos han reducido su distancia respecto a ellos.

El análisis se puede ampliar desagregando las distintas Autoridades Portuarias, de tal manera que pueda analizarse cómo han convergido o divergido los niveles de eficiencia de los puertos que conforman el sistema español. Si se comparan las desviaciones estándar de 1990 y 1999, se observa que las diferencias entre los niveles de eficiencia técnica pura han tendido a disminuir. Este acercamiento, en cambio, no se reproduce en el caso de las eficiencias técnica y de escala. En este sentido, los datos reflejan cierto distanciamiento entre los puertos situados en la escala más productiva y los que se encuentran por debajo de ella, es decir, muestran un incremento de las diferencias entre ineficiencias de escala.

Figura 5.1. Los niveles de partida y el cambio de los índices de eficiencia técnica pura

	<i>Mejora el posicionamiento</i>	<i>Empeora el posicionamiento</i>
<i>Eficiencia técnica pura Superior a la media 90</i>	(I) Bahía de Algeciras (1,000)* Gijón (1,000)* Marín-Pontevedra (1,000)* Melilla(1,000)* Villagarcía (1,000)* Ferrol-San Ciprián (1,000)	(II) Valencia (0,764) Balears (0,654) Ceuta (0,607) Almería-Motril (0,579) Barcelona (0,527) Castellón (0,451) Avilés (0,433) Bilbao (0,424)
<i>Eficiencia técnica pura inferior a la media 90</i>	(III) Las Palmas (0,655) Sta. Cruz de Tenerife (0,552) Bahía de Cádiz (0,518) Sevilla (0,486) Vigo (0,434) Pasajes (0,403) Santander (0,326) La Coruña (0,324) Huelva (0,284)	(IV) Alicante (0,439) Cartagena (0,344) Tarragona (0,301) Málaga (0,294)

Entre paréntesis figura el índice de eficiencia técnica pura correspondiente a 1999.

*Bahía de Algeciras mantiene su posición en la frontera de rendimientos variables y, además, se sitúa en el tamaño óptimo de escala. Gijón, Marín-Pontevedra, Melilla y Villagarcía presentan en 1990 una eficiencia superior a la media y, aunque no cambian su posicionamiento frontera respecto a los rendimientos variables, muestran ineficiencias de escala.

Con objeto de profundizar en el análisis de las diferencias que se dan entre puertos, se estudia en qué medida los niveles de partida condicionan las tasas de cambio de los índices de eficiencia técnica pura. En la figura 5.1 se puede observar que la mayor parte de los puertos que han experimentado un crecimiento positivo en sus niveles de eficiencia partían de menores niveles de eficiencia, en términos relativos. En consecuencia, las Autoridades Portuarias que se hallaban más alejadas de la frontera de producción, dado su tamaño, han sido las que han tendido a mejorar su eficiencia en relación con el comportamiento más eficiente. Globalmente, pues, se constata que un número importante de Autoridades Portuarias ha seguido unas pautas

comunes en relación con el cambio de sus índices de eficiencia pura respecto a sus niveles de partida.

Cuadro 5.6. Tamaño y tipo de rendimientos⁺

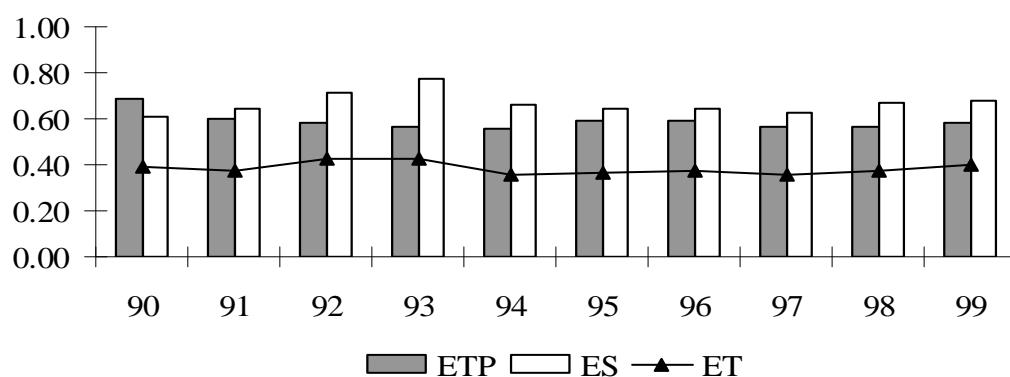
	1990		1999	
	Tamaño	R.Escala	Tamaño	R.Escala
Alicante	1.573	Crec.	2.408	Crec.
Almería-Motril	7.105	***	7.031	Decrec.
Avilés	3.027	Crec.	3.221	Crec.
Bahía de Algeciras	7.280	***	23.674	***
Bahía de Cádiz	2.217	Crec.	3.589	Crec.
Baleares	5.494	Crec.	6.647	Crec.
Barcelona	10.933	Decrec.	17.487	Crec.
Bilbao	10.958	Decrec.	11.329	Crec.
Cartagena	2.400	Crec.	3.124	Crec.
Castellón	856	Crec.	1.667	Crec.
Ceuta	874	Crec.	711	Crec.
Ferrol- San Ciprián	851	Crec.	7.303	***
Gijón	11.015	Decrec.	13.652	***
Huelva	4.326	Crec.	6.214	Crec.
La Coruña	2.592	Crec.	2.958	Crec.
Las Palmas	4.678	Crec.	8.297	Crec.
Málaga	1.003	Crec.	1.735	Crec.
Marín-Pontevedra	591	Crec.	1.339	Crec.
Melilla	385	Crec.	726	Crec.
Pasajes	3.369	Crec.	3.687	Crec.
Santa Cruz de Tenerife	4.551	Crec.	6.340	Crec.
Santander	3.207	Crec.	4.439	Crec.
Sevilla	2.505	Crec.	3.552	Crec.
Tarragona	7.123	Decrec.	8.814	Decrec.
Valencia	10.008	Decrec.	18.921	Decrec.
Vigo	1.757	Crec.	2.937	Crec.
Villagarcía	309	Crec.	513	Decrec.

* El tamaño se relaciona con el volumen de graneles sólidos y mercancía general movida (miles de toneladas)

No obstante, en el análisis cabe destacar también la presencia de rendimientos decrecientes a escala en determinados puertos. Así, empeora el posicionamiento relativo con respecto a la frontera con rendimientos variables de Almería-Motril, Tarragona y Valencia, que muestran ineficiencias de escala originadas por rendimientos decrecientes. En el cuadro 5.6 se puede observar que estos puertos mueven un elevado volumen de mercancía.

El gráfico 5.1 ilustra la trayectoria seguida por los diferentes niveles de eficiencia en el conjunto del sistema portuario español. A pesar de que durante el periodo analizado no se observan cambios relevantes en el resultado de la actividad, se pueden subrayar algunas tendencias. Por una parte, hasta 1993, los puertos experimentan mejoras en las eficiencias técnica y de escala, que, no obstante, se reducen en 1994; tras un periodo en que los resultados se mantienen, en los últimos años, ambas eficiencias empiezan a recuperar sus niveles anteriores. Los resultados relacionados con la eficiencia técnica pura, en cambio, muestran un comportamiento inverso. En definitiva, a excepción del cambio producido entre 1993 y 1994, se observan, en términos generales, mejoras en el comportamiento a corto plazo, lo que se traduce en una reducción de las ineficiencias producidas por el tamaño (ineficiencia de escala).

Gráfico 5.1. Eficiencia técnica, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (Media del sistema portuario)



Del análisis de estos resultados se extrae que las iniciativas del programa de reforma han llevado implícitas leves mejoras de la eficiencia a corto plazo. Al observar la evolución de la capacidad de optimizar la utilización de factores productivos, destaca la estabilidad en los niveles de eficiencia técnica, que se vio únicamente afectada por un ligero retroceso en 1994.

La reestructuración del sector de estiba parece haber introducido leves mejoras en los niveles de eficiencia técnica hasta 1993, pues la reducción de *inputs* necesaria para alcanzar el nivel de *output* ha sido cada vez menor a lo largo de ese periodo. No obstante, paralelamente, se observa una reducción de la eficiencia técnica pura, de lo que se desprende que el progreso de la eficiencia se debe, sobre todo, a mejoras en la eficiencia de escala.

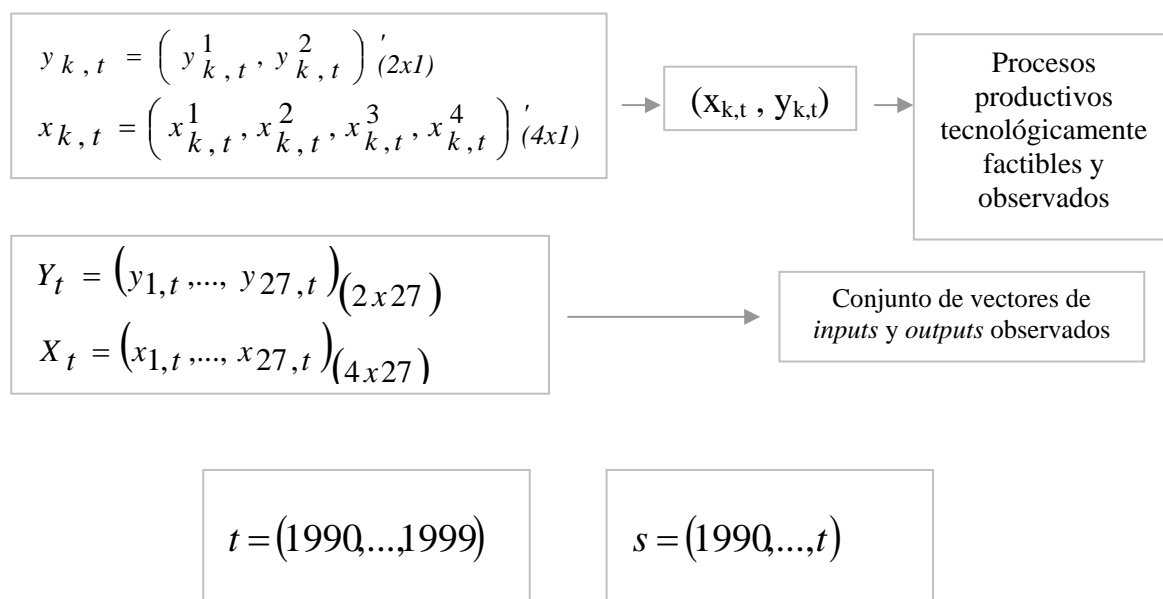
En 1994 se inicia un periodo caracterizado por la estabilización de la plantilla de estiba. Este hecho, unido a un cierto retraso en el efecto de la reforma del sistema portuario implementada en 1992, pone de manifiesto que los puertos incorporan mecanismos que mejoran sus resultados a corto plazo. Así, la transformación gradual de los puertos, que debe llevarlos hasta un entorno más competitivo, se traduce tan sólo en una leve mejora de la eficiencia a finales del periodo. De ello se desprende que el fomento de la competencia en los puertos españoles todavía no ha dado lugar a cambios relevantes en la eficiencia de su actividad.

En definitiva, se constata que los cambios introducidos tanto en el sector de estiba como en el modelo de puertos proporcionan a corto plazo leves mejoras en el resultado de los índices. Un análisis de la evolución de la productividad y de sus fuentes enriquecería el estudio de los cambios de eficiencia en los puertos españoles.

5.3. Análisis comparativo de la evolución de la productividad: una aproximación a través del índice de *Malmquist*

El análisis de la productividad de los puertos españoles a través del índice de *Malmquist* de tipo secuencial permite incorporar el efecto dinámico en el análisis de la eficiencia. El estudio de la evolución de la productividad del sistema portuario español durante el periodo 1990-1999 completa la evidencia empírica sobre los resultados de las reformas introducidas en el sector. Este análisis dinámico incorpora los cambios experimentados tanto por los niveles de eficiencia como por el progreso técnico, de manera que se convierte en un complemento del enfoque estático del epígrafe anterior.

Esquema 5.3. El conjunto de variables de la muestra



Los datos de panel que se emplean para calcular el índice de *Malmquist* consideran el periodo 1990-1999 para cada una de las Autoridades Portuarias. Por cuanto respecta a los *outputs*, se diferencian los graneles sólidos de la mercancía general. Por otra parte, dado que los avances de la

productividad se estudian en un contexto de largo plazo, todos los *inputs* se consideran variables (trabajo, consumos intermedios, muelles y superficies de depósito).

Tabla 5.2. Programas de optimización matemática del índice de *Malmquist*

1.	$\left[D_I^s(x_k^t, y_k^t) \right]^{-1}$	2.	$\left[D_I^s(x_k^{t+1}, y_k^{t+1}) \right]^{-1}$
	$\left[D_I^s(x_k^t, y_k^t) \right]^{-1} = \text{Min} \theta_t^{k,s}$		$\left[D_I^s(x_k^{t+1}, y_k^{t+1}) \right]^{-1} = \text{Min} \theta_{t+1}^{k,s}$
	<i>s.a.</i>		<i>s.a.</i>
	$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^t y_{k,s} z_{k,s} \geq y_{k,t}$		$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^t y_{k,s} z_{k,s} \geq y_{k,t+1}$
	$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^t x_{k,s} z_{k,s} \leq \theta_t^{k,s} x_{k,t}$		$\sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^t x_{k,s} z_{k,s} \leq \theta_{t+1}^{k,s} x_{k,t+1}$
	$z_{k,s} \geq 0$		$z_{k,s} \geq 0$
	$IM_{TV}^s = IM_I^s(x^{t+1}, y^{t+1}; x^t, y^t) = \frac{D_I^s(x^t, y^t)}{D_I^{s+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_I^{s+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_I^s(x^{t+1}, y^{t+1})}$		
	<i>Cambio de eficiencia</i> C°EF		<i>Cambio técnico</i> C°TEC
	$C^\circ EF = \frac{D_I^s(x^t, y^t)/C}{D_I^{s+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/C} = \frac{D_I^s(x^t, y^t)/V}{D_I^{s+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/V} \cdot \frac{S_I^s(x^t, y^t)}{S_I^{s+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}$		
	<i>C°Eficiencia pura</i>		<i>C°Eficiencia de escala</i>
	$S_I^s(x^t, y^t) = \left[D_I^s(x^t, y^t)/C \right] / \left[D_I^s(x^t, y^t)/V \right]$		

El índice de productividad estimado permite obtener para cada puerto (*k*) el cambio de productividad entre periodos (*t* y *t+1*) y descomponerlo en dos factores: variación en el nivel de eficiencia técnica y cambio tecnológico. Además, se considera un periodo acumulativo (*s*) que incluye todos los

procesos productivos observados hasta el periodo que se esté analizando (t). Adicionalmente, el cambio en la eficiencia técnica se descompone en un componente de cambio en la eficiencia técnica pura (obtenido en el supuesto de rendimientos variables a escala) y otro residual, que refleja los cambios en la eficiencia de escala, es decir, las variaciones de la diferencia entre los rendimientos constantes y los variables a escala en la tecnología (véase tabla 5.2).¹⁸⁴

Cuadro 5.7. Índice *Malmquist* de productividad y su descomposición 1990/1999. Media del periodo*

	Índice <i>Malmquist</i> de productividad	Cambio técnico	Cambio en eficiencia técnica	Cambio en eficiencia técnica pura	Cambio en eficiencia de escala
Alicante	1,048	1,118	0,937	0,984	0,953
Almería-Motril	1,031	1,094	0,943	0,947	0,996
Avilés	0,982	1,086	0,904	0,942	0,960
Bahía de Algeciras	1,252	1,252	1,000	1,000	1,000
Bahía de Cádiz	1,020	1,068	0,955	0,975	0,980
Baleares	1,022	1,092	0,936	0,948	0,987
Barcelona	1,138	1,110	1,025	0,931	1,101
Bilbao	1,097	1,100	0,997	0,902	1,105
Cartagena	0,985	1,037	0,950	0,946	1,005
Castellón	1,002	1,093	0,917	0,932	0,983
Ceuta	1,027	1,216	0,844	0,976	0,865
Ferrol- S. Ciprián	1,324	1,178	1,124	1,010	1,112
Gijón	1,070	1,068	1,002	1,000	1,002
Huelva	1,021	1,052	0,971	0,963	1,008
La Coruña	0,999	1,012	0,987	0,971	1,016
Las Palmas	1,054	1,094	0,963	0,970	0,993
Málaga	0,990	1,102	0,898	0,961	0,934
Marín-Pontevedra	1,109	1,086	1,021	1,000	1,021
Melilla	1,063	1,137	0,935	1,000	0,935
Pasajes	1,070	1,103	0,970	0,969	1,001
Sta. C. de Tenerife	1,036	1,040	0,997	1,005	0,992
Santander	1,057	1,092	0,968	0,974	0,994
Sevilla	1,040	1,098	0,947	0,995	0,952
Tarragona	1,022	1,058	0,966	0,959	1,007
Valencia	1,184	1,142	1,037	0,971	1,069
Vigo	1,073	1,078	0,996	0,981	1,016
Villagarcía	1,073	1,080	0,993	1,000	0,993
<i>Media</i>	<i>1,064</i>	<i>1,098</i>	<i>0,968</i>	<i>0,970</i>	<i>0,998</i>
<i>Desviación Estándar</i>	<i>0,079</i>	<i>0,052</i>	<i>0,053</i>	<i>0,027</i>	<i>0,053</i>

*Las medias son geométricas, dado que el índice de *Malmquist* es multiplicativo

¹⁸⁴ En el anexo empírico se pueden consultar los índices obtenidos para cada uno de los años del periodo.

El índice de *Malmquist* permite calcular separadamente los avances en la productividad y descomponerlos en el resultado del cambio tecnológico y la variación en los niveles de eficiencia técnica. Además, los cambios en la eficiencia se entienden como una combinación de modificaciones experimentadas en la eficiencia técnica y en la eficiencia de escala.

El cuadro 5.7 recoge, de forma individualizada, los promedios de cada componente durante el periodo 1990-1999. Los valores superiores a la unidad del índice de *Malmquist* o de cualquiera de sus dos componentes indican una mejora en el comportamiento del indicador, mientras que un valor inferior a la unidad evidencia un retroceso. Las tasas de crecimiento medio anual resultan de restar la unidad a las cifras que se presentan en forma de números índice.

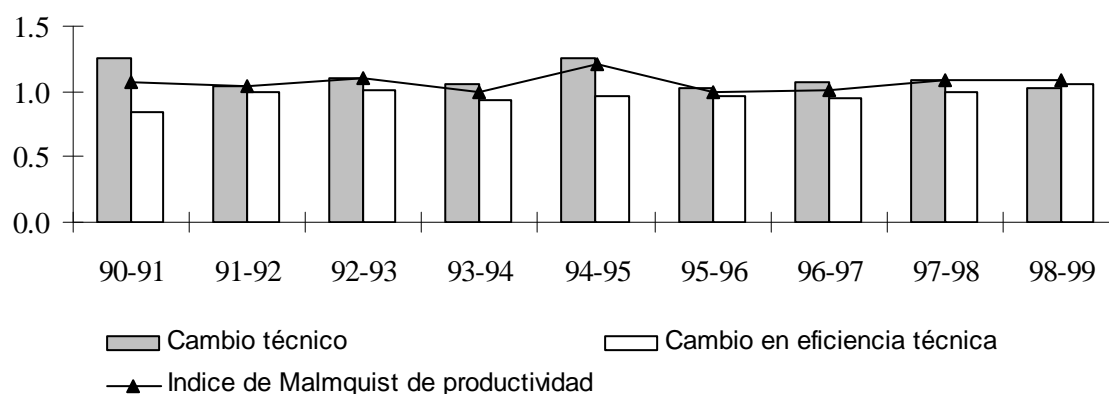
Los resultados obtenidos muestran que, durante el periodo estudiado, las Autoridades Portuarias incrementaron su productividad anualmente en una media del 6,4%. Este avance ha sido resultado de un progreso técnico que ha alcanzado una tasa media anual del 9,8% y de un retroceso de la eficiencia técnica del orden del 3,2% anual.

Estos datos reflejan que el avance de la productividad se ha debido, en mayor medida, a mejoras en la tecnología que al acercamiento de las Autoridades Portuarias a la frontera productiva. Las diferencias entre empresas en el cambio en la eficiencia son sensiblemente más acusadas que en el componente de cambio técnico del índice de *Malmquist*. En consecuencia, se puede observar mayor homogeneidad en el cambio técnico experimentado por las Autoridades Portuarias. Por tanto, en la medida en que el progreso técnico recoge la variación de la productividad de los puertos que tienen la escala más productiva en cada periodo y representa el desplazamiento de la frontera del nivel de *output* de cada empresa, se deduce una generalización en las

pautas seguidas por los puertos. En este sentido, destacan la reestructuración del sector de estiba, junto con los cambios organizativos, como elementos más relevantes del progreso tecnológico de los puertos españoles.

Los avances en la productividad se ven afectados por la tendencia negativa que experimenta la evolución de la eficiencia portuaria. A su vez, la reducción de la eficiencia se puede descomponer en un componente que responde a variaciones de la eficiencia técnica pura y otro que es resultado de cambios operados en la escala de producción. Esta descomposición permite incorporar al análisis el que, en promedio para el conjunto de las Autoridades Portuarias, al mismo tiempo empeora la eficiencia técnica y la eficiencia técnica pura. Además, se puede observar un ligero retroceso en la eficiencia de escala.

Gráfico 5.2. Cambio productivo, mejora de eficiencia y progreso técnico (Media del sistema portuario)



La evolución de la productividad para el conjunto del sistema portuario se resume en el cuadro 5.8. Los resultados obtenidos, además de mostrar mejoras en la productividad del sistema portuario, permiten observar la evolución de la contribución de cada una de las fuentes a estos aumentos productivos. El cambio técnico y el cambio en eficiencia técnica no han

mantenido el mismo equilibrio en su aportación al crecimiento a lo largo del periodo analizado (véase gráfico 5.2). En este sentido, se pueden distinguir dos subperiodos: en el que abarca hasta 1997, destaca la importancia del cambio técnico; en los años posteriores a esa fecha, en cambio, las mejoras en la eficiencia técnica empiezan a ser relevantes.

**Cuadro 5.8. Índice *Malmquist* de productividad y su descomposición 1990/1999.
 (Media geométrica del sistema portuario español)**

	Índice <i>Malmquist</i> de productividad	Cambio técnico	Cambio en eficiencia técnica	Cambio en eficiencia técnica pura	Cambio en eficiencia de escala
1990-1991	1,066	1,256	0,849	0,805	1,054
1991-1992	1,041	1,043	0,998	0,935	1,067
1992-1993	1,100	1,096	1,004	1,001	1,003
1993-1994	0,998	1,061	0,941	1,000	0,942
1994-1995	1,206	1,249	0,966	1,013	0,953
1995-1996	0,988	1,030	0,959	1,001	0,959
1996-1997	1,015	1,067	0,951	0,979	0,971
1997-1998	1,093	1,090	1,002	0,988	1,015
1998-1999	1,081	1,020	1,060	1,033	1,025

Los resultados obtenidos muestran que, durante el periodo analizado, el cambio técnico ha tenido mayor protagonismo en las reformas introducidas en el sistema portuario español. Esta pauta generalizada hace que el sistema en su conjunto tienda hacia la variación de la productividad de los puertos que presentan una escala más productiva. En términos medios, los resultados empíricos reflejan que el progreso tecnológico, aspecto relacionado con el conjunto de innovaciones y cambios en las técnicas asociados a la actividad portuaria, han sido importantes. Sin embargo, la eficiencia técnica, más relacionada con las diferentes capacidades de incorporar el proceso tecnológico en su actividad productiva, empieza a dar resultados a finales del periodo analizado.

5. EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: UN ESTUDIO EMPÍRICO

**Cuadro 5.9. Evolución de la productividad, eficiencia y progreso tecnológico
 (media del periodo)**

Autoridades Portuarias	Cambio productividad		Cambio técnico		Cambio eficiencia		Cambio eficiencia p
	90-93	94-99	90-93	94-99	90-93	94-99	90-93
Alicante	0.948	1.194	1.117	1.114	0.848	1.071	0.883
Almeria-Motril	1.057	1.050	1.120	1.095	0.944	0.958	0.961
Avilés	1.066	0.979	1.099	1.088	0.970	0.900	0.945
Bahía de Algeciras	1.421	1.183	1.421	1.183	1.000	1.000	1.000
Bahía de Cádiz	1.044	1.023	1.040	1.070	1.004	0.956	0.977
Baleares	0.965	1.035	1.141	1.070	0.846	0.968	0.864
Barcelona	1.083	1.136	1.203	1.068	0.900	1.063	0.664
Bilbao	1.070	1.072	1.174	1.069	0.911	1.002	0.705
Cartagena	0.834	1.063	1.073	1.023	0.777	1.039	0.852
Castellón	0.995	1.039	1.039	1.116	0.958	0.931	0.938
Ceuta	1.409	0.921	1.391	1.154	1.013	0.798	1.000
Ferrol- San Ciprián	1.582	1.209	1.114	1.209	1.420	1.000	1.032
Gijón	1.117	1.060	1.109	1.057	1.007	1.002	1.000
Huelva	0.974	0.998	1.068	1.051	0.913	0.950	0.912
La Coruña	1.054	0.956	1.066	0.983	0.989	0.972	0.919
Las Palmas	0.909	1.130	1.129	1.065	0.805	1.061	0.825
Málaga	1.080	0.950	1.114	1.111	0.970	0.855	0.946
Marín-Pontevedra	1.092	1.110	1.172	1.046	0.932	1.062	1.000
Melilla	1.214	0.979	1.160	1.140	1.046	0.858	1.000
Pasajes	1.025	1.129	1.110	1.121	0.923	1.007	0.889

**Cuadro 5.9. (continuación). Evolución de la productividad, eficiencia y progreso tecnológico.
 (media del periodo)**

Autoridades Portuarias	Cambio productividad		Cambio técnico		Cambio eficiencia		Cambio
	90-93	94-99	90-93	94-99	90-93	94-99	eficiencia p 90-93
Santa Cruz de Tenerife	1.095	1.085	1.041	1.034	1.051	1.049	1.047
Santander	1.086	1.026	1.088	1.114	0.998	0.921	0.979
Sevilla	0.868	1.153	1.099	1.108	0.790	1.041	0.857
Tarragona	1.006	1.067	1.058	1.068	0.951	0.999	0.932
Valencia	1.018	1.255	1.162	1.147	0.875	1.095	0.695
Vigo	1.096	1.094	1.163	1.032	0.943	1.061	0.905
Villagarcía	1.038	1.193	1.079	1.076	0.962	1.109	1.000
<i>Media</i>	<i>1.069</i>	<i>1.074</i>	<i>1.128</i>	<i>1.088</i>	<i>0.947</i>	<i>0.987</i>	<i>0.910</i>
<i>Desviación Estándar</i>	<i>0.164</i>	<i>0.086</i>	<i>0.091</i>	<i>0.050</i>	<i>0.119</i>	<i>0.077</i>	<i>0.100</i>

5. EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: UN ESTUDIO EMPÍRICO

En el cuadro 5.9 se detallan los cambios que se han producido a lo largo del periodo 1990-1999. Globalmente, se observa que los avances en la productividad se han dado, en mayor medida, en los años posteriores a la reforma. Así, entre 1994 y 1999 se ha obtenido una tasa media anual del 7,4%, frente al 6,9% del periodo anterior (1990-1993). La misma tendencia se aprecia en relación con el cambio de eficiencia, cuya reducción es menor en el segundo de los periodos señalados, a diferencia del cambio técnico, que experimentó un mayor progreso durante la primera etapa. En términos medios, el cambio en la eficiencia de escala refleja que la mejora de la escala productiva tiene lugar en el periodo anterior a la reforma legislativa, es decir, cuando destaca la reestructuración de la estiba. Además del cambio operado en el conjunto del sistema portuario a partir de 1992, es importante subrayar el recorte de las diferencias –tanto en el crecimiento de la productividad como en el progreso técnico y el cambio de eficiencia– entre los puertos españoles.

Figura 5.2. Convergencia del crecimiento de la productividad entre puertos

	<i>Crecimiento superior a la media 90/99</i>	<i>Crecimiento inferior a la media 90/99</i>
<i>Eficiencia técnica pura superior a la media 90</i>	<p>(I)</p> <p>Ferrol-San Ciprián (1,324) Bahía de Algeciras (1,252) Valencia (1,184) Barcelona (1,138) Marín-Pontevedra (1,109) Bilbao (1,097)</p>	<p>(II)</p> <p>Villagarcía (1,073) Gijón (1,070) Melilla (1,063) Almería-Motril (1,031) Ceuta (1,027) Baleares (1,022) Castellón (1,002) Avilés (0,982)</p>
<i>Eficiencia técnica pura inferior a la media 90</i>		<p>(III)</p> <p>Pasajes (1,070) Tarragona (1,022) Vigo (1,073) Huelva (1,021) Santander (1,057) Bahía de Cádiz (1,020) Las Palmas (1,054) La Coruña (0,999) Alicante (1,048) Málaga (0,990) Sevilla (1,040) Cartagena (0,985) Sta. C. de Tenerife (1,036)</p>

Entre paréntesis figura el índice de productividad correspondiente a la media del periodo 1990-1999.

Dentro de la tendencia general apuntada sobre estas líneas, se pueden diferenciar tres grupos de puertos de acuerdo con sus pautas de comportamiento durante el periodo estudiado. En la figura 5.2 se pretende analizar en qué medida los niveles de partida de la eficiencia técnica pura determinan el comportamiento productivo de los puertos. En primer lugar, un reducido grupo de puertos (I) parte de niveles de eficiencia superiores a la media y experimenta, así mismo, un crecimiento de productividad superior; factores como el posicionamiento estratégico del puerto de Algeciras y el desarrollo de la zona de actividades logísticas en el puerto de Barcelona han contribuido de forma notable a ese aumento de la productividad. Un segundo grupo de puertos (II), a pesar de partir de niveles inferiores a la media, ha sabido aprovechar los cambios incorporados en la gestión de la actividad portuaria, de manera que el incremento de su productividad ha sido mayor que el de la media de puertos. Por último, un amplio grupo parte de niveles de eficiencia inferiores a la media y, además, experimenta avances de productividad más reducidos. En consecuencia, dado el alejamiento inicial respecto a la frontera con rendimientos variables a escala, no se puede hablar de la existencia de una pauta generalizada en la evolución de la productividad.

En términos medios, la productividad del conjunto del sistema portuario español ha seguido una trayectoria ligeramente ascendente a lo largo del periodo estudiado. El cambio técnico, reflejo de la reestructuración del sector de la estiba y de los cambios organizativos, ha sido la principal fuente de ese cambio productivo. Sin embargo, las mejoras en la eficiencia que comienzan a darse a finales de la década de 1990 indican que se está entrando en una segunda etapa. En este sentido, se avanza en una dirección que trae nuevos avances en la productividad de la actividad portuaria.

5.4. Conclusiones

El estudio empírico de la evolución de la eficiencia y la productividad de la actividad portuaria en España permite analizar los resultados obtenidos por los procesos de reforma introducidos en el sector portuario. Los métodos no paramétricos resultan de utilidad para calcular los niveles de eficiencia conseguidos por los puertos que integran el sistema portuario español. Por otra parte, esta metodología se adapta a las características de la actividad portuaria, pues posibilita la incorporación de multiplicidad de producto y de tecnologías que presentan rendimientos de escala.

Los niveles de eficiencia obtenidos por las Autoridades Portuarias que componen la muestra se han considerado en un contexto de corto plazo. Sin embargo, el largo plazo también se ha tenido presente en el análisis del crecimiento productivo. En ambas vertientes, la función de producción se ha modelizado a partir de dos *outputs* (graneles sólidos y mercancía general) para cuya obtención se utilizan *inputs* relacionados con el trabajo (plantilla de las Autoridades Portuarias y de las empresas de estiba), los consumos intermedios y el capital (muelles y superficies de depósito). En el corto plazo, los puertos se han comparado teniendo en cuenta la dificultad de ajustar el capital fijo (muelles y superficies de depósito); por el contrario, en el largo plazo, todos los factores productivos se consideran variables.

La diferenciación de los factores productivos entre *inputs* de carácter fijo e *inputs* variables permite obtener índices de eficiencia relativa basados en la capacidad de minimizar los segundos. La aplicación de un modelo que permite discriminar los *inputs* en función de su dificultad de ajuste en el corto plazo resulta relevante en el caso de la actividad portuaria, que presenta importantes costes hundidos. En el caso español, los resultados son poco significativos por cuanto se refiere a las mejoras de la eficiencia en el corto plazo. El fomento de entornos competitivos en los puertos favorecidos por la

reestructuración del sector de estiba se traduce en leves mejoras de la eficiencia técnica hasta 1993. Sin embargo, a partir de ese año se observa una tendencia descendente, que comienza a ser positiva a finales del periodo estudiado. Esta recuperación puede ser resultado del entorno más competitivo generado por la puesta en práctica de incentivos a la competencia por parte de las Autoridades Portuarias.

La extensión del análisis a un contexto dinámico permite incorporar el estudio del largo plazo. En términos medios, el conjunto de puertos ha experimentado mejoras en la productividad en el periodo analizado. Entre 1990 y 1999, esa mejora ha tenido su principal fuente en el progreso técnico. Sin embargo, los aumentos en la eficiencia técnica empiezan a ser relevantes a partir de 1997. Este estudio intertemporal captura las mejoras en el tiempo e indica, indirectamente, que las reformas han conseguido mejorar el entorno en el que operan los puertos.

La estrategia comercial definida por cada una de las Autoridades Portuarias, a pesar de concretarse cada vez más en la gestión de los espacios portuarios, se dirige a la consecución de la combinación de mercancías que les proporciona un mayor nivel de eficiencia. En esta dirección, los puertos desarrollan una estructura de tráfico orientada al segmento de mercado originado por los productos fabricados en las proximidades del puerto, así como al abastecimiento de las industrias ubicadas en el *hinterland* más próximo. Paralelamente, sin embargo, desarrollan una política de diversificación de carácter competitivo con el objetivo de ganar cuota de mercado en otros tráficos. En definitiva, los logros en la eficiencia y la productividad del sistema portuario español son fruto del esfuerzo llevado a cabo por cada uno de los puertos que lo integran. Las Autoridades Portuarias se enfrentan a un entorno cada vez más competitivo y aprovechan gradualmente las ventajas que ese contexto genera.