

## Resumen

En este artículo se realiza un análisis de las rutas de carga general incidentes en el sistema portuario de titularidad estatal de puertos de interés general, diferenciando entre mercancía general y contenerizada. El objetivo es describir la evolución de la conectividad y la amplitud del *foreland*, en el período comprendido entre septiembre de 2007 y agosto de 2011. Para este intervalo temporal se dispone de información relevante respecto a la evolución mundial del tráfico marítimo en estas dos modalidades logísticas, y se han aplicado las metodologías de teoría de grafos para el caso particular de los puertos de interés general de España.

Los resultados indican que, si bien la capacidad máxima de las rutas directamente conectadas con cada uno de los puertos analizados ha disminuido a lo largo del período analizado, casi todos los puertos han mejorado su eficacia en lo que respecta a establecer nuevos lazos de unión comercial con otras regiones geográficas.

*Palabras clave:* flota mercante, rutas marítimas, teoría de grafos.

## Abstract

In this paper an analysis on cargo routes calling in the system of ports property of Spanish Government is performed, distinguishing between general and containerized cargo. The goal is to describe the evolution of the connectivity and width of the *foreland*, in the period between September 2007 and August 2011. For this time range there is relevant information on world maritime traffic evolution in these two logistic modes, and graph theory has been applied for the specific case of general interest Spanish ports.

Outcomes show that, although maximum throughput of direct connected routes with each one of analyzed ports has been decreased along the period considered, almost all harbors have improved their effectiveness regarding to the establishment of new commercial links with another geographic regions.

*Key words:* merchant fleet, shipping routes, graph theory.

*JEL classification:* L9, L92.

# CONSTELACIONES MARÍTIMAS: ANÁLISIS DE REDES Y CONECTIVIDAD MARÍTIMA. EL CASO ESPAÑOL

**Carlos PAIS MONTES**

*Universidad A Coruña*

**Fernando GONZÁLEZ LAXE**

*Universidad A Coruña y Puertos del Estado*

**María Jesús FREIRE SEOANE**

*Universidad A Coruña*

## I. INTRODUCCIÓN

**A**CTUALMENTE, el seguimiento de las rutas del transporte marítimo de carga general es un elemento estratégico para las autoridades portuarias españolas. Este tipo de buques transportan productos derivados de la transformación de las materias primas, previamente acarreadas por la flota mundial de graneleros. Estas mercancías son manipuladas en el momento de la estiba/desestiba de forma diferente según dos modalidades logísticas: contenerizadas o sin contenerizar (Rodríguez, 2009).

Independientemente de las ventajas e inconvenientes de ambas elecciones (Levinson, 2006), se puede intuir que la firma de una póliza de fletamento depende sensiblemente del valor del bien transportado. De este modo, se observa que existe una correlación entre la dinámica del flujo de transporte y el tipo de mercancía movida.

En este artículo se realiza un análisis de las rutas de carga general incidentes en el sistema portuario de titularidad estatal de puertos de interés general. El objetivo de esta investigación es

describir la evolución de la conectividad, en el período comprendido entre septiembre de 2007 y agosto de 2011. Para este intervalo temporal se dispone de información relevante respecto a la evolución mundial del tráfico marítimo de mercancía general y contenerizada.

En el estudio se ha optado por utilizar técnicas de análisis en teoría de grafos, en detrimento de las técnicas estadísticas convencionales, con el objetivo de describir la importancia relativa de cada puerto en el contexto mundial del transporte.

## II. ANTECEDENTES

El análisis cuantitativo de movimientos de buques a nivel global o centrados en una localización geográfica en particular es bastante reciente, debido fundamentalmente a la necesidad de emplear algoritmos de cálculo vectorial, algo hasta hace poco reservado solo para infraestructuras informáticas de gran envergadura. Sin embargo, la mejora de la tecnología ha posibilitado que el tratamiento de grandes bases de datos se pueda hacer extensible al conjunto de los investigadores, permitiendo

ejecutar con rapidez grandes operaciones de cálculo matricial y algoritmos de búsqueda de profundidad arbitraria (Berkus, 2007).

Los fundamentos sobre la estructura e implicaciones económicas de las redes globales de transporte están recogidos en una serie de manuales que incluyen no solo cuestiones teóricas, sino series temporales de variables que muchas veces son difíciles de conseguir a través de canales que no sean de pago, como índices de fletes, mercado de ventas, oferta y demanda para las distintas clases de buques o productividad de la flota. Las aportaciones de Goss (1977), Stopford (1997), Branch (1998), McConville (1999) y Freire y González-Laxe (2009) son compilaciones sobre economía del transporte marítimo en todas sus variantes y

ámbitos multidisciplinares. Sobre cuestiones logísticas específicas, se cita el trabajo de Rodri-gue (2009), que supone una vasta y al mismo tiempo exhaustiva aproximación a las dinámicas y problemas actuales que el transporte de bienes de consumo plantea a los distintos actores implicados.

Respecto a la metodología de análisis sobre las redes de transporte marítimo de mercancías, basadas en teoría de grafos, podemos citar como fundamentales los trabajos de Fremont (2007), Ducruet (2008) y Ducruet *et al.* (2010a, 2010b y 2010c) sobre tráfico contenerizado. Especial mención merece el trabajo de Kaluza y Kölzsch (2010), que también ha realizado un análisis de redes complejas no sólo de portacontenedores, sino también de otros tipos de buque.

### III. COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA

Para llevar a cabo esta investigación se han utilizado las posiciones AIS (Automatic Information System) de una muestra de buques de mercancía general y de portacontenedores. El análisis se realiza fraccionando la muestra en dos períodos, que comprenden desde septiembre de 2007 hasta agosto de 2008 (muestra 07-08), y desde septiembre de 2010 hasta agosto de 2011 (muestra 10-11) (*Lloyd's Shipping Register*). Con la información disponible se ha construido una red formada por el conjunto de puertos del sistema global analizado y de todas las aristas que conectan cada par de puertos entre sí. La composición de la muestra resultante se ofrece en el cuadro n.º 1.

CUADRO N.º 1

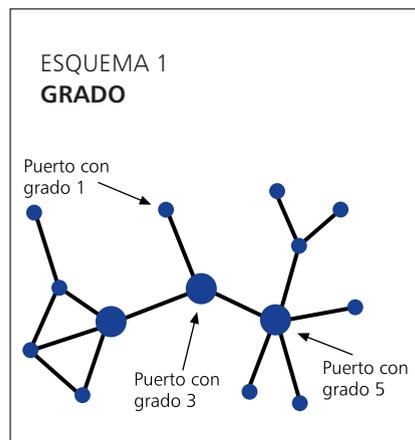
#### COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA

	<i>Mercancía general</i>		<i>Portacontenedores</i>	
	sept 2007-ago 2008	sept 2010-ago 2011	sept 2007-ago 2008	sept 2010-ago 2011
Período analizado .....	07-08	10-11	07-08	10-11
Nombre de la muestra .....	1.745	1.936	1.898	2.169
Número de buques analizados .....	96.747	100.195	106.785	126.144
Número de posiciones de atraque .....	8.332	12.794	2.912	4.458
Número total de aristas .....	722	1.347	271	506
Número de posiciones de atraque diferentes	26	26	50	52
Promedio de atraques por año .....	<b>Grado</b>			
Promedio .....	23	18	21	17
Máximo .....	Rotterdam (305)	Singapur (355)	Singapur (126)	Singapur (181)
<b>Centralidad</b>				
Promedio .....	558	1.275	184	433
Máximo .....	Rotterdam (42.000)	Singapur (191.815)	Singapur (4.063)	Singapur (20.000)
Densidad de grafo .....	0,032	0,014	0,08	0,035
Longitud media de camino .....	2,551	2,895	2,367	2,716
Máxima capacidad registrada .....	49.370 dwt	51.624 dwt	15.550 TEU	15.550 TEU
Mínima capacidad registrada .....	6.179 dwt	6.179 dwt	1.104 TEU	1.104 TEU
Flota total presente en la muestra .....	24.315.576 dwt	27.470.830 dwt	8.307.558 TEU	10.361.509 TEU
Flota mundial total estimada (*) .....	108.881.000 dwt	n/d	12.142.444 TEU	n/d
Porcentaje de flota analizada sobre el total de flota existente .....	22,33 por 100	n/d	68,41 por 100	n/d

(\*) *Review of Maritime Transport* (2009).  
Fuente: Elaboración propia.

A la vista de los datos, se puede afirmar que las posiciones de atraque, los buques que forman parte de la muestra y el número de aristas presentes en las redes analizadas han aumentado considerablemente a lo largo del período analizado. También es preciso resaltar las diferentes magnitudes de intensidad del tráfico incidente, que se registran en ambas modalidades de transporte marítimo. Las posiciones promedio visitadas por un buque portacontenedores (50 y 52, respectivamente) representan una latencia mucho mayor que en el caso de la mercancía general (26 en ambas muestras). Esta información pone de manifiesto que el transporte de mercancía general es más sensible a la variabilidad inducida por operaciones de tráfico *tramp* y modalidades de fletamento por tiempo.

Para llevar a cabo el análisis ha sido necesario profundizar en el concepto de «grado» como uno de los factores que contribuyen a determinar la conectividad. Ducruet (2008) y Ducruet *et al.* (2010a, 2010b y 2010c) lo identifican con el número de conexiones directas incidentes en un puerto dado (ver esquema 1). En la muestra analizada, este parámetro alcanza su máximo en el

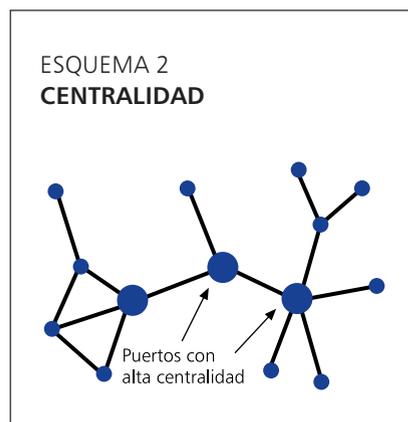


caso de la muestra de portacontenedores del período 10-11 para el puerto de Singapur, que ha recibido buques procedentes de 181 posiciones diferentes. Le siguen los puertos de Hong Kong (125), Rotterdam (123), Shanghai (107), Westport, Malaysia (83), Ningbo (92), Jebel Ali (89) y Shenzhen (87).

Al analizar la evolución del grado se observa que ha experimentado una caída significativa en el período 10-11. En efecto, en el caso de la mercancía general, el grado promedio ha evolucionado de 23 a 18, y en los portacontenedores se pasa de 21 a 17. Esta información indica que, en promedio, cada puerto ha perdido nexos de relación directa. Sin embargo, en principio, esta caída no significa necesariamente un descenso en el volumen de mercancías movidas, sino más bien una posible contracción o repliegue en la actividad marítima mundial, como consecuencia de la emergencia de zonas de concentración portuaria en el sentido mencionado por Culliname y Khanan (1999).

Otro de los determinantes de la conectividad de una instalación portuaria es el concepto de «centralidad». La definición matemática básica hace referencia al número de veces que un nodo interseca a una ruta arbitraria dentro de la red. Genéricamente representa una buena medida de la importancia regional de un puerto, considerando que cuando más alta es la centralidad mayor es el número de rutas incidentes (ver esquema 2).

Pero a diferencia de la contracción en el grado, la centralidad ha aumentado en más de un 100 por 100 en el período 10-11 para los dos tipos de trans-



porte. Esta situación confirma el diagnóstico de que durante los años de crisis se produce una concentración portuaria en el sentido de repartir el volumen de mercancías en cada vez menos puertos.

Otros parámetros incluidos en el análisis anterior redundan en las diferencias topológicas entre los dos tráficos. Entre los más significativos se pueden citar: la densidad de grafo (más cercana a uno cuanto más conectados entre sí estén los nodos), y la longitud media de camino (número promedio de aristas que hay que atravesar para conectar dos nodos cualquiera). Estos datos permiten afirmar que el transporte de mercancía general, respecto al contenerizado, registra una mayor cantidad de nodos, globalmente menos conectados entre sí pero también con importantes centros regionales de distribución.

#### IV. METODOLOGÍA

El marco teórico que fundamenta esta investigación parte de dos técnicas. La primera define el «foreland de proximidad» como el conjunto de nodos situados a una distancia máxima de tres aristas respecto al puerto que queremos analizar. Este indi-

cador mide la conectividad de un puerto dado,  $P$ , basado en los que están relacionados con él mediante conexión directa, o bien mediante un previo procedimiento de transbordo de la mercancía. La segunda técnica consiste en la evaluación del vínculo entre un puerto dado y los que se relacionan con él con mayor intensidad. Esto se hace viable al disponer de las posiciones anteriores y posteriores donde han atracado los buques que arriban al puerto objeto en un momento dado.

En primer lugar, se expone la metodología de cálculo del *foreland* de proximidad, realizada de acuerdo al siguiente procedimiento:

Dado el buque  $B_i$  y el período temporal  $T$ , sea la ruta

$$R_i^T = (p_{i1}^T, \dots, p_{ik_j}^T, \dots, p_{ik_j}^T, \dots) \in \mathfrak{R}^{m(i)}$$

donde  $m(i)$  es el número total de puertos de atraque de la ruta en el período temporal  $T$  y  $(k_1^i, \dots, k_{n(i)}^i) \in \mathfrak{R}^{n(i)}$  es el vector-perfil que contiene las posiciones de los puertos  $P$ , siendo  $n(i)$  el número de puertos de atraque  $P$  en la ruta  $i$ .

Utilizando un lenguaje de programación que posibilite cálculo vectorial sobre bases de datos (PostgreSQL) se diseña una búsqueda heurística dentro que cada ruta para obtener un nuevo

conjunto  $S$  formado por  $\sum_{i=1}^{c^T} n(i)$

subrutas de longitud 7, cuyo puerto central es precisamente  $P$ , siendo  $c^T$  el número de buques de clase «portacontenedor» o «mercancía general» presentes en la muestra en el período temporal  $T$ .

En segundo lugar, los nodos que más relación comercial tie-

nen con un puerto dado  $P$  se mostrarán bajo estas hipótesis de partida como los que mayor capacidad de carga hayan alojado en el período temporal analizado, teniendo en cuenta cada una de las subrutas obtenidas. A priori, la diferencia de la carga máxima total operada entre el último y en el primer período temporal analizado señalará, además, si se ha producido una evolución positiva o una involución en el flujo comercial de los puertos resultantes.

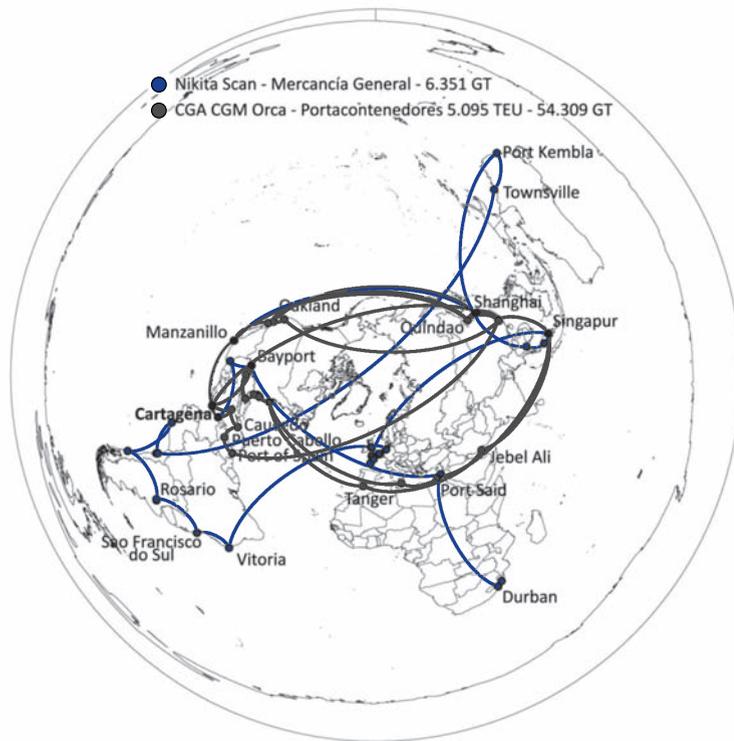
Por tanto, cada puerto  $p_{ik_j}^T \in S$  no está caracterizado sólo por un par de coordenadas geográficas, sino también por un número natural expresado en las unidades más usuales de capacidad de carga máxima del buque  $i$ : DWT (o TPM en las siglas en español) en el caso de buques de mercancía general, y TEU en el caso de portacontenedores (Rodríguez, 2010). Este indicador, que será denominado «capacidad máxima del *foreland*», en adelante  $c(P)$ , indicará la intensidad con la que se despliegan las relaciones comerciales en un entorno geográfico del nodo  $P$ , a través del análisis del conjunto de puertos  $S$  relacionado a una distancia menor que 3 de  $P$ .

Limão y Venables (2007) o Martínez-Zarzoso y Wilmsmeier (2008) han señalado la fuerte elasticidad que la variable relativa a las infraestructuras portuarias muestra en diversos modelos de determinación del coste de transporte. En estas investigaciones se muestra, además, la relación positiva existente entre la reducción en el precio de los fletes y la dimensión de las infraestructuras. Esta variable se tiene en cuenta en el análisis a través de la técnica introducida por Ducruet *et al.* (2010a, 2010b y 2010c) en su importante y re-

ciente serie de artículos sobre las redes complejas del transporte contenerizado de mercancías. De este modo, la magnitud de las dimensiones portuarias está directa y positivamente relacionada con la capacidad máxima anual que acoge ese puerto, caracterizada por Ducruet y su equipo simplemente a través de la suma de la capacidad máxima de los buques que atracan en el período temporal analizado. Se trata entonces de expresar de modo preciso la evidencia de que cuanto mayor capacidad arriba a un puerto, necesariamente mayores son las infraestructuras alojadas en esa rada y mejores expectativas se tendrán, en definitiva, de los beneficios obtenidos en el fletamento ejecutado.

En el gráfico 1 se observa el periplo a lo largo del período 10-11 del buque de mercancía general *Nikita Scan*, que arriba a Cartagena de Indias procedente de un viaje de 23 días desde Shanghái que le llevó primero a Manzanillo (México) y después a Colón (costa mexicana del Pacífico). Después de su actividad en la terminal de contenedores de Cartagena, el barco emprende rumbo a Veracruz y luego a Houston (ambos en el golfo de México), realizando después un viaje directo de 26 días que le lleva a Ashod (Israel). Por tanto, tenemos una subruta Shanghái-Manzanillo-Colón-Cartagena-Veracruz-Houston-Ashod de longitud 7 que ya define un ámbito de proximidad comercial para el puerto, en este caso de Cartagena de Indias. Dado que este buque tiene 6.351 GT, podemos asociar una capacidad máxima de esta subruta con el producto  $6 \times 6.351 = 39.186$  GT, que está indicando la intensidad máxima de ese subconjunto de aristas para ese barco en particular.

GRÁFICO 1



Fuente: Elaboración propia.

## V. RESULTADOS PARA EL CASO PARTICULAR DE LOS PUERTOS DE INTERÉS GENERAL EN ESPAÑA

En el gráfico 2 se observa el estrecho ajuste obtenido entre el grado de P y el número de puertos relacionados con P a través del procedimiento de cálculo de las subrutas (#P). La alta correlación entre ambas medidas indica que el procesamiento de los nodos de la red, en términos de la extracción del conjunto de subrutas de longitud 7 centradas en P, no distorsiona en absoluto la información sobre conectividad contenida en el grado de P. Además, se pone de manifiesto que los resultados obtenidos al

calcular el *foreland* de proximidad alrededor de P están estrechamente vinculados a la conectividad de P en términos de grado.

En el cuadro n.º 2 se presentan los resultados obtenidos para los puertos españoles de titularidad estatal en el transporte de mercancía general, para el período 07-08 y 10-11. En la primera columna se muestran los dos puertos que mayores relaciones comerciales mantienen con cada uno de los nodos analizados. En la segunda columna se especifica el número total de puertos que cumplen esta relación de proximidad. En la tercera y cuarta columnas se muestran el grado y la centralidad, respectivamente, te-

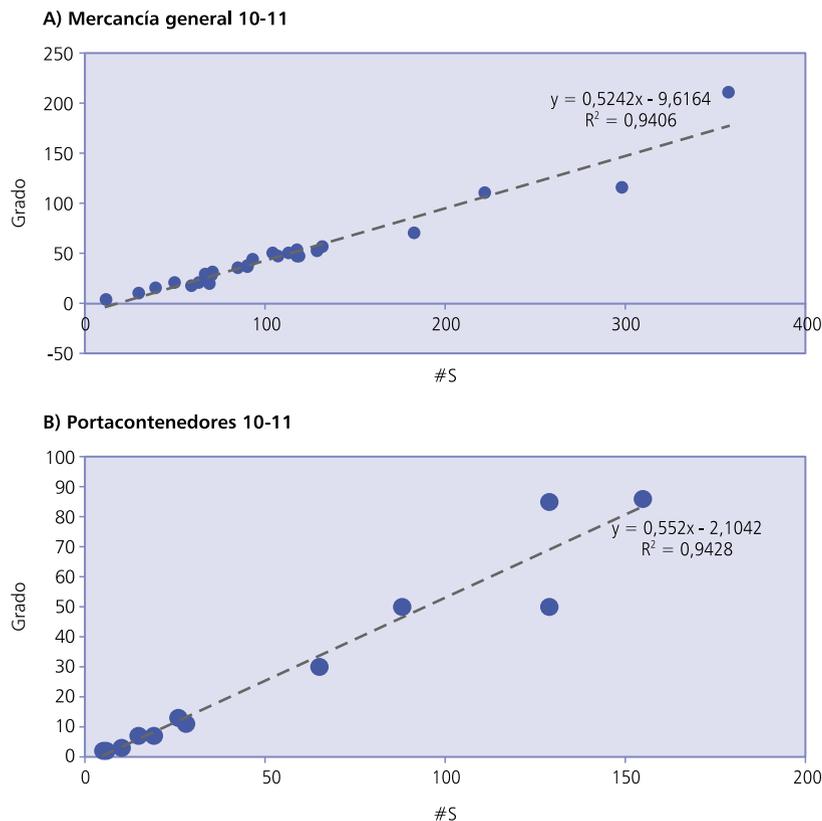
niendo en cuenta su posición en la red global de transporte. Por último, en la columna quinta se muestra la capacidad máxima en TPM del *foreland* de proximidad de cada puerto.

En primer lugar, se compara la capacidad máxima total promedio entre los dos períodos considerados, donde se observa que ha descendido desde 7.069.902 TPM hasta 5.706.286 TPM. Sin embargo, el número de puertos promedio pertenecientes al *foreland* de proximidad aumentó durante este período, desde 91 a 109. Este cambio pone de manifiesto que el descenso en el volumen de mercancías movidas se ha compensado con un ligero aumento en las relaciones comerciales establecidas por cada puerto.

En segundo lugar, se analiza la tasa de variación en el número de puertos pertenecientes al *foreland*, comparando los dos períodos considerados. Entre los puertos que han tenido una mayor evolución en este parámetro, #(S), destaca el caso de Sevilla con el 103 por 100, Bahía de Cádiz con el 76,47 por 100, Tarragona con el 60,52 por 100 y A Coruña con el 54,55 por 100. Sin embargo, algunos puertos han experimentado una reducción importante en su área exterior de influencia, alcanzando valores negativos. En este caso se encuentran Baleares con un -28,12 por 100, Avilés con un -20,37 por 100 y Valencia con un -16,67 por 100.

Por último, el estudio de los valores de centralidad refleja un importante incremento en el promedio, que aumenta desde 1.102 en el período 07-08 a 3.104 en 10-11. Este cambio indica que ha existido un proceso de concentración para este tipo de tráfico marítimo.

GRÁFICO 2  
AJUSTE ENTRE EL NÚMERO DE PUERTOS PERTENECIENTES  
AL FORELAND DE PROXIMIDAD Y EL GRADO



Fuente: Elaboración propia.

Destaca el puerto de Valencia, que presenta valores bajos en centralidad (con 547 en 10-11), a pesar de tener un elevado grado de conectividad. Esta situación se puede dar en puertos con peculiaridades geográficas y también en aquellos con una alta conectividad, pero donde las líneas de transporte regular sólo operan en un conjunto de puertos concretos (Ducruet, 2010a).

En los gráficos 3 y 4 se muestra una representación del concepto de *foreland* de proximidad para mercancía general en los puertos con mayor capacidad

máxima en el período 10-11 (Ceuta y Bilbao).

En el puerto de Ceuta, la línea de suministro Rotterdam-Antwerp-Gante-Ceuta, Hamburgo-Kiel-Ceuta y Le Havre-Rouen-Ceuta se ha mantenido con gran movimiento de mercancías a lo largo del período considerado. Asimismo, ha adquirido especial importancia el abastecimiento de los puertos del mar Negro de Constanza (Rumania), Eregli (Turquía) y Mariupol y Yuhzny (Ucrania). Este mercado se abastece a través de la línea portuaria de las terminales situadas en el Estrecho del Bósforo.

El caso de Bilbao muestra el mantenimiento del *cluster* formado por Rotterdam, Antwerp y Hamburgo como pilar de la actividad en mercancía general, con la anexión en el período 10-11 de los puertos de Gante (Bélgica), Immingham (Reino Unido) y Moss (Noruega) a este gran flujo de mercancías. Es destacable la aparición de una conexión Jeddah-Venecia-Bilbao, lo que representa una actividad comercial incipiente, pero importante, entre el puerto de Bilbao y Arabia Saudí. Esto se confirma con la aparición de una línea de suministro con Dammam (Arabia Saudí), vía Maputo (Mozambique).

Es relevante también la drástica reducción experimentada por las líneas de suministro con Centroamérica a través de Veracruz-Tampico (México), que en 07-08 aparecen con un nivel de relaciones fuerte, pero que en 10-11 se muestran desconectadas del esquema general, lo que representaría una pérdida importante en este vínculo de actividad comercial. También se ha perdido una significativa línea de cabotaje, A Coruña-Avilés-Bilbao, que en 10-11 aparece disgregada y en posiciones opuestas en el esquema.

En el cuadro n.º 3 se presentan los resultados para los puertos españoles de interés general que han registrado actividad contenerizada a lo largo de los dos períodos de la muestra. Los datos recogidos en cada columna siguen el mismo orden que en el caso de los buques de mercancía general. En primer lugar, es relevante observar que la capacidad total promedio entre los dos períodos considerados se ha reducido, pasando de 11.838.463 TEU en 07-08 a 10.647.659 TEU en 10-11. No obstante, también en este caso el número de puer-

CUADRO N.º 2

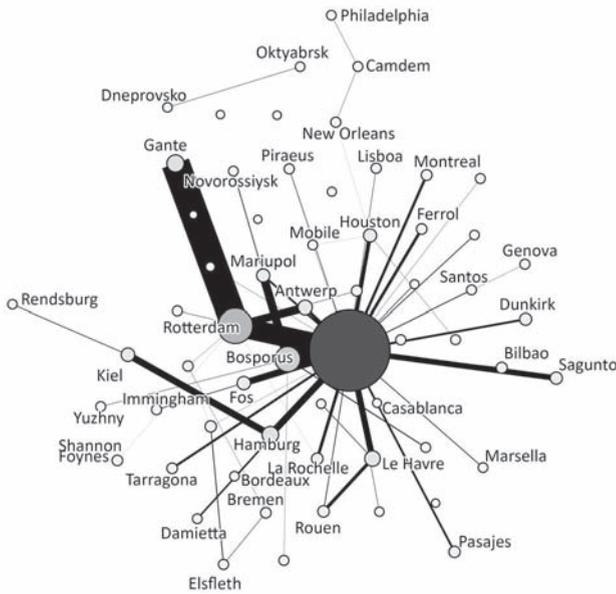
RESULTADOS PARA PUERTOS ESPAÑOLES EN MERCANCÍA GENERAL

	07-08					10-11				
	Ppales. Puertos	#S	Grado	Centralidad	Capacidad máxima (TPM)	Ppales. Puertos	#S	Grado	Centralidad	Capacidad máxima (TPM)
Ceuta .....	Rotterdam	286	179	9.189	22.844.333	Rotterdam	357	211	31.200	25.941.864
Bilbao .....	Ghent					Hamburg				
	Rotterdam	232	122	4.657	36.445.526	Rotterdam	298	116	15.588	22.892.969
	Antwerp					Antwerp				
Las Palmas .....	Rotterdam	173	94	3.027	19.136.807	Rotterdam	222	111	10.009	13.928.248
	Antwerp					Antwerp				
Tarragona .....	Singapur	114	62	2.938	5.299.804	Valencia	183	70	2.026	12.419.692
	Ceuta					Barcelona				
Barcelona .....	Valencia	115	57	1.209	16.871.517	Marseilles	118	53	1.118	9.919.008
	Marseilles					Valencia				
Vigo .....	Cape Town	8	3	1	361.605	Rotterdam	71	31	2.010	6.903.502
	Durban					Cape Town				
Valencia .....	Barcelona	102	55	913	13.251.679	Barcelona	85	36	547	6.642.846
	Castellón					Algiers				
Santa Cruz de Tenerife .....	Valencia	91	44	557	4.539.438	Leixoes	93	44	1.434	5.690.859
	Las Palmas					Las Palmas				
Avilés .....	Rotterdam	162	74	737	9.831.634	Ceuta	129	52	2.211	5.594.810
	Bilbao					Rotterdam				
Castellón .....	Valencia	118	50	900	11.393.688	Livorno	104	50	1.570	4.626.431
	Barcelona					Rotterdam				
Huelva .....	Rotterdam	74	36	173	2.800.146	Casablanca	113	50	2.294	4.585.758
	Shanghai					S. Cruz de T.				
Bahía de Algeciras .....	Rotterdam	91	36	155	2.501.006	Tarragona	107	47	1.350	4.026.605
	Barcelona					Valencia				
Ferrol-San Cibrao .....	Southampton	94	35	442	4.586.328	Rotterdam	118	47	2.904	3.772.184
	Rotterdam					Ceuta				
Pasajes .....	Hamburg	127	56	473	5.790.413	Ceuta	132	57	1.484	3.645.802
	Kiel					Rotterdam				
A Coruña .....	Bilbao	77	27	91	3.517.835	Rotterdam	119	47	1.527	3.309.071
	Avilés					Bilbao				
Baleares .....	Southampton	9	30	210	5.565.447	Genova	69	20	785	2.922.740
	Gandía					Southampton				
Santander .....		0				Rotterdam	90	37	1.173	2.862.462
						Bilbao				
Bahía de Cádiz .....	Setúbal	51	22	76	1.788.498	Rotterdam	90	38	988	2.861.493
	Las Palmas					Ceuta				
Motril .....	New Orleans	47	19	466	1.894.336	Livorno	68	27	556	2.296.362
	Tampico					Munguba				
Cartagena .....		0				Rotterdam	70	28	500	2.113.561
						Alexandria				
Gijón .....	La Coruña	0			2.044.127	Rotterdam	50	21	296	1.722.926
	Antwerp					Bilbao				
Málaga .....	Rotterdam	51	24	62	916.703	Algeciras	63	21	851	1.522.248
	Antwerp					Ceuta				
Almería .....	Gandía	4	2	1	76.386	Ceuta	59	18	153	1.349.439
	Richards Bay					Pitea				
Sevilla .....	Hamburg	33	15	48	573.794	Hamburg	67	29	589	1.050.029
	Kiel					Ceuta				
Marín y Ría de Pontevedra .....	Bilbao	38	16	113	4.202.573	Antwerp	39	15	292	887.810
	Dunkirk					Ceuta				
Alicante .....	Rotterdam	24	9	11	451.010	Pitea	30	10	343	508.150
	Emden					Almería				
Vilagarcía .....	Hamburg	6	3	2	62.920	La Coruña	1	4	1	72.840
	Kiel					Le Havre				
Promedio .....		91	45	1.102	7.069.902		109	48	3.104	5.706.286

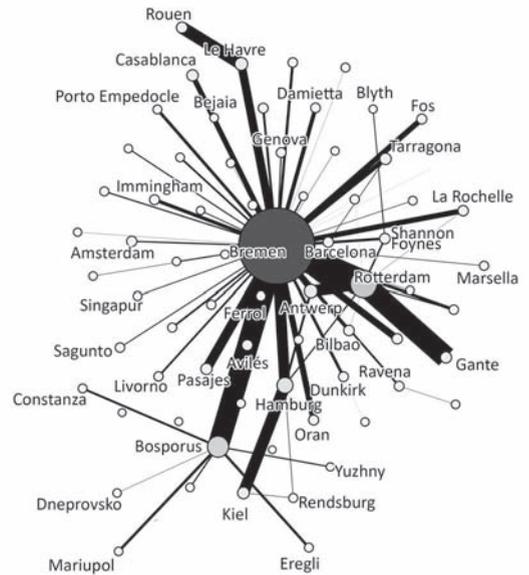
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 3**  
**EVOLUCIÓN DEL FORELAND DE PROXIMIDAD PARA CEUTA (MERCANCÍA GENERAL)**

**A) Ceuta 07-08**



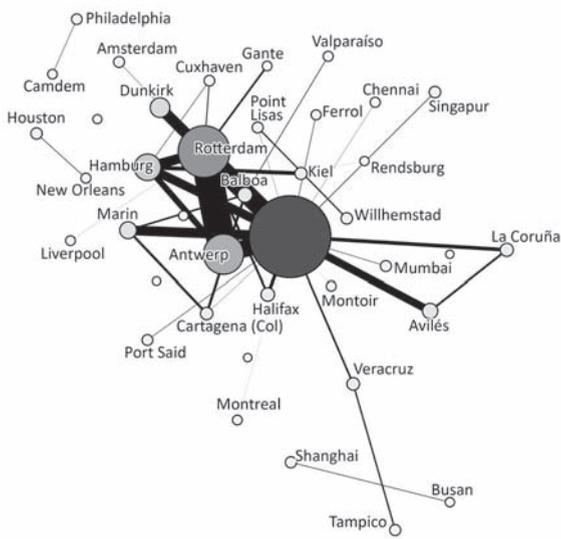
**B) Ceuta 10-11**



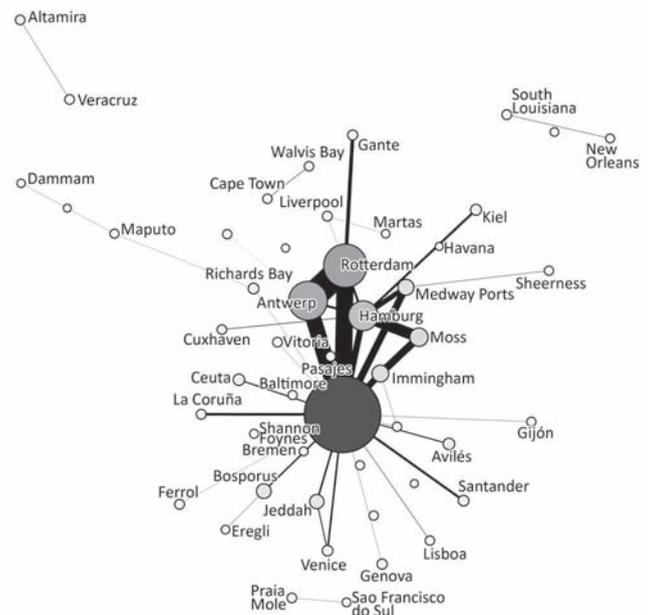
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 4**  
**EVOLUCIÓN DEL FORELAND DE PROXIMIDAD PARA BILBAO (MERCANCÍA GENERAL)**

**A) Bilbao 07-08**



**B) Bilbao 10-11**



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 3  
**RESULTADOS PARA PUERTOS ESPAÑOLES EN MERCANCÍA CONTENERIZADA**

	07-08					10-11				
	Ppales. Puertos	#S	Grado	Centralidad	Capacidad máxima en TEU	Ppales. Puertos	#S	Grado	Centralidad	Capacidad máxima en TEU
Valencia .....	Barcelona	140	89	1.508	45.915.733	Barcelona	155	86	3.430	54.886.697
Barcelona .....	Singapur					Genova				
	Valencia	122	70	1.053	39.240.474	Valencia	129	50	1.097	32.414.923
	Singapur					Genova				
Bahía de Algeciras .....	Rotterdam	97	65	802	34.762.081	Tánger	129	85	4.865	23.205.327
	Bremerhaven					Rotterdam				
Las Palmas .....	Cape Town	73	36	208	16.368.469	Cape Town	88	50	1.460	15.467.583
	P. Elizabeth					Rotterdam				
Málaga .....	Algeciras	62	24	97	4.928.505	Hong Kong	65	30	543	7.522.126
	Port Said					Bremerhaven				
Tarragona .....	Algeciras	6	3	1	37.240	Livorno	26	13	22	3.870.521
	Caronte					Halifax				
Castellón .....	Antwerp	10	4	1	46.660	Valencia	19	7	6	519.414
	Port Rashid					Barcelona				
Vigo .....			n/d			Algeciras	28	11	69	278.550
						Santos				
Bilbao .....	Sines	29	15	387	414.620	Algeciras	15	7	79	149.480
	Bremerhaven					Valencia				
Sta. Cruz de Tenerife .....	Cape Town	19	7	1	202.856	Las Palmas	10	3	1	44.060
	Durban					Casablanca				
Bahía de Cádiz .....	Algeciras	16	5	3	78.684	Algeciras	5	2	1	27.320
	Casablanca					Genova				
Almería .....			n/d			Lagos	5	2	1	17.320
						Marsaxlokk				
Marín y Ría de Pontevedra .....	Cartag. (Col)	7	2	1	53.392	Lisboa	6	2	1	16.250
	Bilbao					Rotterdam				
Ceuta .....	Marsaxlokk	3	1	1	12.840			n/d		
	Limassol									
Promedio .....		49	27	339	11.838.463		52	27	890	10.647.659

Fuente: Elaboración propia.

tos promedio ha experimentado un ligero aumento, pasando desde 49 a 52. Por tanto, se puede afirmar que, ante el descenso en la demanda contenerizada característico de los últimos años, las autoridades portuarias han respondido exitosamente a este desafío mediante un aumento del *foreland* (políticas exitosas de captación de tráficos) en cada uno de los puertos.

En segundo lugar, respecto a la tasa de variación en el número de puertos pertenecientes al *foreland*, comparando los dos períodos considerados, se observa que los puertos que han tenido

una mayor evolución significativa en este parámetro, #(S), son Castellón (90 por 100), Bahía de Algeciras (32,98 por 100), Las Palmas (20,54 por 100) y Valencia (10,71 por 100). Los que han experimentado una reducción importante en su área exterior de influencia, alcanzando valores negativos son Bahía de Cádiz con un -68,75 por 100, Bilbao con -48,27 por 100, Santa Cruz de Tenerife con -47,36 por 100 y Marín y Ría de Pontevedra con -14,28 por 100.

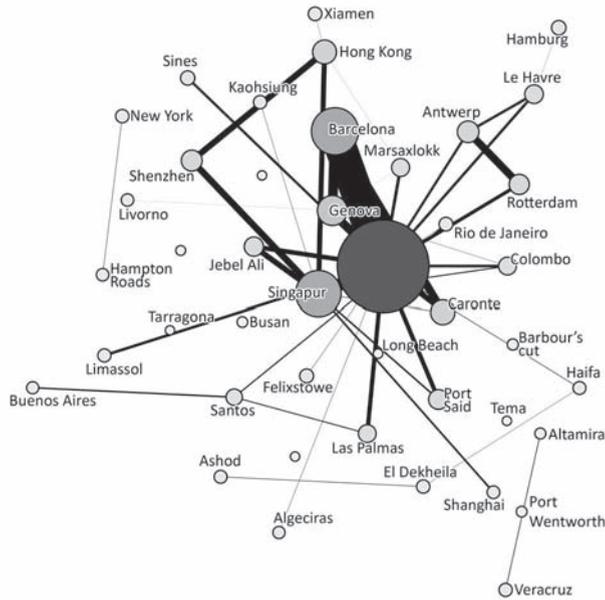
Por último, los valores de centralidad indican un incremento del 162,53 por 100, similar al de

la mercancía general (181,66 por 100). Esto indica que el proceso de concentración en el reparto de tráficos se ha producido prácticamente en la misma medida en el caso de las terminales de portacontenedores que en el de la mercancía general. Esto podría indicar una estrecha vinculación, posible objeto de futuros estudios, entre ambas modalidades logísticas. Es reseñable la alta centralidad del puerto de Algeciras (4.865), que lo convierte en el puerto español que más rutas mundiales intermedia.

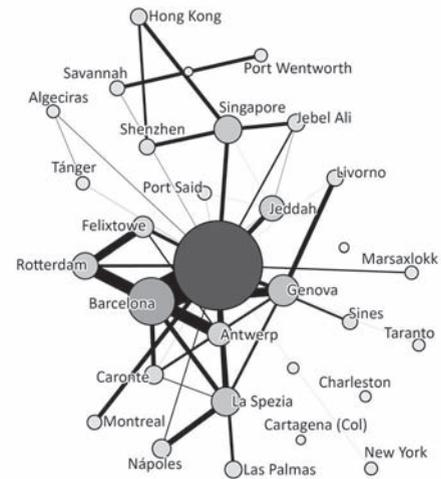
En los gráficos 5 y 6 se muestra una representación del con-

**GRÁFICO 5**  
**EVOLUCIÓN DEL FORELAND DE PROXIMIDAD PARA VALENCIA (PORTACONTENEDORES)**

**A) Valencia 07-08**



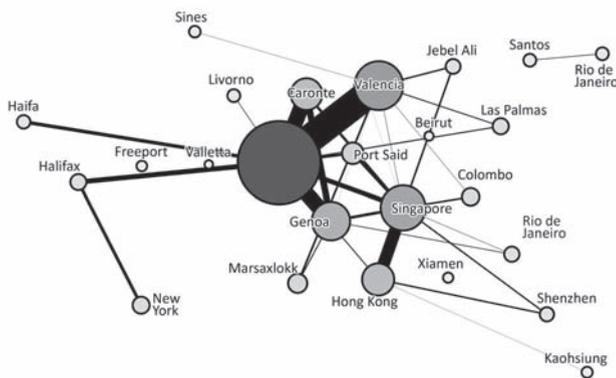
**B) Valencia 10-11**



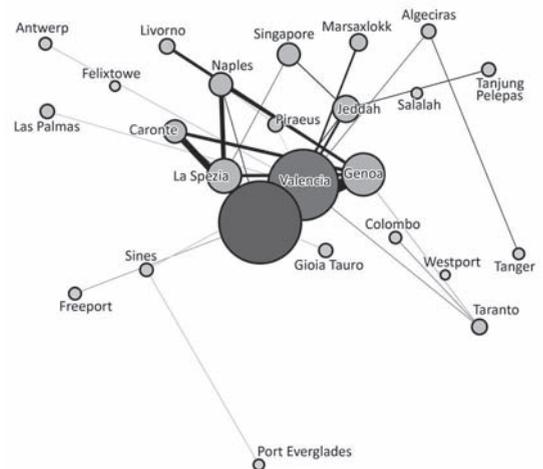
Fuente: Elaboración propia.

**GRÁFICO 6**  
**EVOLUCIÓN DEL FORELAND DE PROXIMIDAD PARA BARCELONA (PORTACONTENEDORES)**

**A) Barcelona 07-08**



**B) Barcelona 10-11**



Fuente: Elaboración propia.

cepto de *foreland* de proximidad para mercancía contenerizada en los puertos con mayor capacidad máxima en el período 10-11 (Valencia y Barcelona).

En el caso del puerto de Valencia, las líneas independientes de suministro Barcelona-Génova-Caronte (Fos sur Mer) y Rotterdam-Antwerp se han convertido en un importante y único *cluster* de actividad comercial interrelacionada al que se le han añadido los puertos de Felixstowe y La Spezia. Por otro lado, la conexión Hong Kong-Shenzhen-Singapur tiene ahora una mediación importante a través de las rutas saudíes Jebel Alí-Jeddah, verdaderos polos atractores de demanda. Se establece además un vínculo débil pero exitoso con el nodo de Nueva York, que aparecía desconectado en 07-08. Es destacable la pérdida de importancia del eje Santos-Buenos Aires, que desaparece del esquema en el período 10-11.

La estructura de red para el *foreland* de proximidad de Barcelona muestra la importante reducción experimentada por este puerto en términos de número de puertos con relación directa, grado y capacidad máxima. Se percibe la consolidación de Valencia y Génova como puertos intensamente relacionados en lo que respecta a tráficos directos con Barcelona. Es importante también el vínculo que se construye con el Caribe y la costa Este de Estados Unidos a través de las líneas Sines-Freeport (Bahamas) y Sines-Port Everglades.

Pero en el grafo resultante destacan más las contracciones, en especial la pérdida de importancia que los tráficos directos procedentes de los grandes *hubs* chinos (Shenzhen, Hong Kong y

Xiamen) parecen haber experimentado. La hipótesis más probable es que la mediación con el puerto de Singapur haya absorbido todo ese tráfico. El puerto francés de Caronte (Fos sur Mer) también parece haber perdido pujanza en cuanto a su conectividad con Barcelona, siendo mediados sus tráficos ahora por el vecino puerto de La Spezia. Por último, el abastecimiento de la costa Este de Estados Unidos parece haberse desplazado a otras terminales, a juzgar por la desaparición en el esquema de la cadena de suministro Halifax-Nueva York.

## VI. CONCLUSIONES

El estudio detallado de las redes de transporte marítimo de mercancías, utilizando las modernas tecnologías de bases de datos, permite acercarse a la realidad inmediata de las relaciones comerciales que unos puertos establecen con otros. Se trata de aplicar una generalización del concepto matemático de distancia entre dos nodos, entendida no como su separación geográfica sino como la cantidad de flujo comercial establecida entre cada elemento analizado dentro del sistema.

Este concepto parece especialmente pertinente en un momento en el que, por un lado, los cargadores y las compañías navieras perciben una alta indefinición y volatilidad en la localización geográfica de la demanda, y, por otro, los sistemas de producción y logística característicos de la actual sociedad global tecnológica permiten que los procesos de ensamblaje y valor añadido se realicen cada vez en menos tiempo y de forma geográficamente más deslocalizada.

En este sentido, el sistema portuario español presenta un diagnóstico de pérdida en volumen de movimientos en el período comprendido entre septiembre de 2007 hasta agosto de 2011, pero es necesario observar que las autoridades portuarias españolas no se han quedado de brazos cruzados, sino que han impulsado la conectividad de sus instalaciones mediante políticas comerciales exitosas e innovadoras en lo que respecta a la captación de nuevos tráficos, que seguramente redundarán en un incremento de las economías de escala en el momento de inflexión del ciclo económico actual.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASHAR, A. (2006), «Revolution #4», *Containerisation International*, diciembre.
- BERKUS, J. (2007), *PostgreSQL publishes first real benchmark*, toolbox.com, 8 de julio.
- BRANCH, A. (1998), *Maritime Economics. Management and Marketing*, Stanley Thornes Ltd., Londres.
- DUCRUET, C. (2008), «Hub dependence in constrained economies. The case of North Korea», *Maritime Policy and Management*, 35(4): 374-388.
- DUCRUET, C.; LEE, S., y NG, A.K.Y. (2010a), «Centrality and vulnerability in liner shipping networks: revisiting the Northeast Asian Port hierarchy», *Maritime Policy and Management*, 37(1): 17-36.
- DUCRUET, C.; ROZENBLAT, C., y ZAIDI, F. (2010b), «Ports in multi-level maritime networks: evidence from the Atlantic (1996-2006)», *Journal of Transport Geography*, 18(4): 508-518.
- DUCRUET, C.; NOTTEBOON, T.; BANOS, A.; IETRI, D., y ROZENBLAT, C. (2010c), «Structure and dynamics of liner shipping networks», 2010 Annual conference of the international association of Maritime Economics, Lisboa, 7-9 de julio.
- FREIRE, M., y F. GONZÁLEZ-LAXE (2009), *Tráfico Marítimo y economía global*, Instituto Universitario de Estudios Marítimos, A Coruña.
- FREMONT, A. (2007), «Global maritime networks. The case of Maersk», *Journal of Transport Geography*, 15(6): 431-442.

<p>Goss, R. O. (ed.) (1977), <i>Advances in Maritime Economics</i>, Cambridge University Press, Londres.</p> <p>KALUZA, P., y A. KÖLZSCH (2010), «The complex network of global cargo ship movements», <i>Journal of the Royal Society Interface</i>, doi: 10.1098/rsif.2009.0495.</p> <p>LEVINSON, M. (2006), <i>The Box: How the Shipping Container Made the World Smaller and the World Economy</i></p>	<p><i>Bigger</i>, Princeton University Press, Nueva York.</p> <p>LIMÃO, N., y A. J. VENABLES (2007), «Infraestructuras, desventajas geográficas, coste de transporte y comercio», <i>Comercio Internacional y costes de transporte</i>, enero-febrero: 834.</p> <p>MARTÍNEZ-ZARZOSO, I., y G. WILMSMEIER (2008), «Determinants of Maritime transport costs. A panel data analysis for Latin</p>	<p>American Trade», <i>Ibero-Amerikalnsitut-fürWirtschaftsforschung</i>, mayo.</p> <p>McCONVILLE, J. (1999), <i>Economics of Maritime Transport, Theory and practice</i>, Witherby &amp; Co., Londres.</p> <p>RODRIGUE, J. P. (2009), <i>The Geography of Transport Systems</i>, Routledge, Oxford.</p> <p>STOPFORD, M. (1997), <i>Maritime Economics</i>, 2.ª ed., Routledge, Oxford.</p>
--	---	--