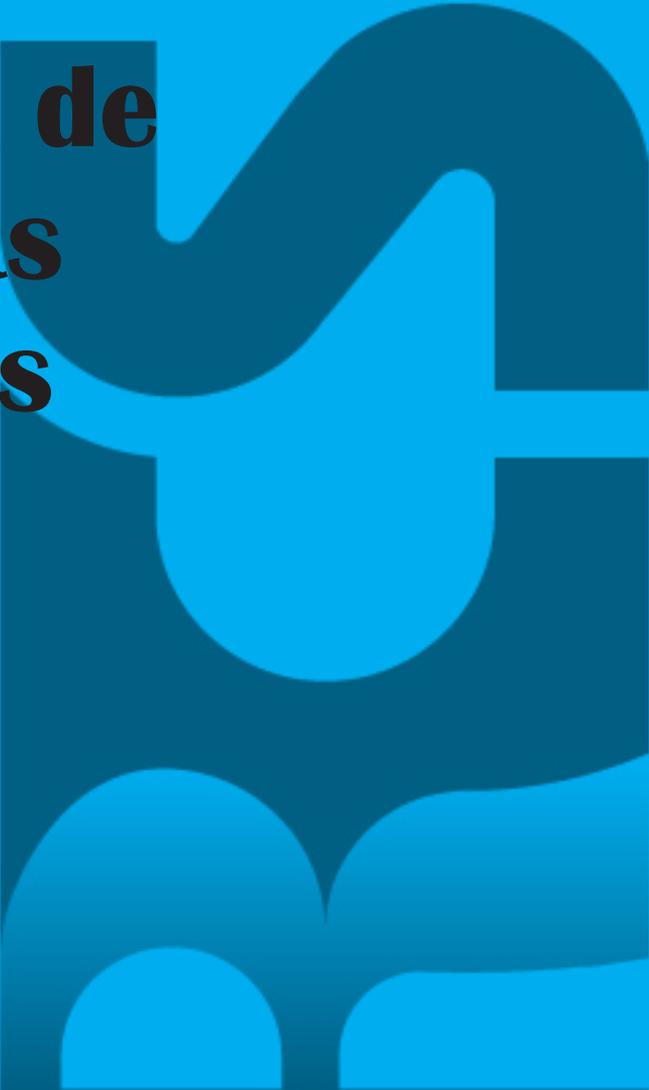


Revista de Ciencias Sociales



Análisis de redes complejas del transporte marítimo en el Océano Atlántico

González Laxe, Fernando*
Freire Seoane, María Jesús**
Pais Montes, Carlos***
López Bermúdez, Beatriz****

Resumen

La globalización ha generado cambios importantes en los esquemas del transporte marítimo internacional. Por lo cual, con el objetivo de constatar las evidencias sobre los cambios de la estructura de conectividad del sistema portuario en el Océano Atlántico, durante el periodo de 2006 a 2011, en este artículo se utiliza una metodología de análisis de redes complejas. La hipótesis a contrastar es si ha existido un cambio significativo en el desplazamiento de la demanda de servicios marítimo, y por tanto, un desplazamiento de los flujos comerciales internacionales hacia las regiones situadas en el Atlántico Sur (costas de Brasil-Uruguay-Argentina y Golfo de Guinea) en este periodo. En base a la topología de red obtenida, todo parece indicar que a lo largo del período analizado, e inmediatamente posterior al inicio de la Gran Recesión, el transporte contenerizado atlántico influyente, ha basculado hacia las economías de la Costa Oeste de África de la Costa Este de Suramérica, manteniendo estos países una mayor resiliencia ante la crisis, que las economías de la ribera norte del Océano Atlántico. En conclusión, se pueden detectar importantes cambios en la estructura del tráfico transatlántico de carga marítima, y por tanto, del comercio internacional de mercancías.

Palabras clave: Conectividad; portacontenedores; carga general; redes complejas; transporte marítimo.

* Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales (Universidad de Santiago de Compostela). Licenciado en Ciencias Económicas. Profesor de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidade da Coruña, España. E-mail: laxe@udc.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5399-3446>

** Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales. Economista. Profesora Emérita de la Facultad de Economía de la Universidade da Coruña, España. E-mail: maje@udc.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8006-2698>

*** Doctor en Economía (Universidade da Coruña). Máster en Gestión Marítima y Gestión Portuaria. Máster en Gestión y Políticas Públicas. Licenciado en Matemáticas. Profesor de la Universidade da Coruña, España. E-mail: carlos.pais.montes@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7798-5288>

**** Doctora en Análisis Económico y Estrategia Empresarial (Universidade da Coruña). Máster en Gestión y Planificación Portuaria e Intermodalidad. Licenciada en Derecho. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas. Profesora de la Universidade da Coruña, España. E-mail: beatrizlopezbermudez@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6060-7021>

Complex networks analysis on the maritime transport of the Atlantic Ocean

Abstract

Globalization has generated important changes in international maritime transport schemes. Therefore, with the objective of verifying the evidence on the changes in the connectivity structure of the port system in the Atlantic Ocean, during the period from 2006 to 2011, this article uses a complex network analysis methodology. The hypothesis to be tested is whether there has been a significant change in the shift in the demand for maritime services, and therefore, a shift in international trade flows to the regions located in the South Atlantic (coasts of Brazil-Uruguay-Argentina and the Gulf from Guinea) in this period. Based on the network topology obtained, everything seems to indicate that throughout the analyzed period, and immediately after the start of the Great Recession, the influential Atlantic containerized transport has swung towards the West Coast of Africa's economies of the Coast East of South America, maintaining these countries a greater resilience to the crisis, than the economies of the North Bank of the Atlantic Ocean. In conclusion, we can detect important changes in the transatlantic structure of the maritime cargo traffic, and therefore, in international merchandise trade.

Keywords: Connectivity; containerships; break bulk; complex networks; maritime transport

Introducción

La globalización ha generado importantes cambios en los patrones del transporte marítimo internacional (García y Pulgar, 2010), un nuevo mapa de alianzas entre navieras; nuevas aplicaciones tecnológicas en hardware y software para explorar posibilidades logísticas adicionales; y una profunda reformulación de la cadena de suministro multimodal (y por ende, de las políticas portuarias) que amplía los conceptos tradicionales de *foreland* e *hinterland* (Christiansen, Fagerholt y Ronen, 2004; Fremont, 2007; Song y Panayides, 2008; Rodrigue y Notteboom, 2010; Mesa-Arango, Narayanan y Ukkusuri, 2019).

En particular, algunas aproximaciones recientes al flujo de navegación de carga a través del Océano Atlántico, realizadas con metodologías de redes complejas (Ducruet, Rozenblat y Faraz, 2010b; Pais-Montes, Freire-Seoane y González-Laxe, 2012) podrían sugerir que las rutas que atraviesan esta región en un sentido horizontal están adquiriendo cada vez un mayor protagonismo, no sólo con respecto al volumen total de tráfico movido (*throughput*) sino también desde el punto

de vista de los parámetros de conectividad (influencia).

A pesar de ello, las rutas transatlánticas siguen jugando un papel secundario con respecto a los dos vectores marítimos más importantes: Las líneas pendulares (Norte de Europa - Este de Asia) y las rutas transpacíficas. No obstante, se espera que con la apertura de las nuevas esclusas del Canal de Panamá (Boney, 2016; Ashar, 2015) el Océano Atlántico incremente la cantidad de buques de carga, al menos en lo que respecta al Hemisferio Norte.

Hasta el momento actual, son pocos los análisis que han intentado clarificar las dinámicas inducidas por estos cambios, y que consideren, a su vez, al Océano Atlántico como una unidad de estudio. Una excepción notable son los datos de *throughput* ofrecidos por la United Nations Conference on Trade And Development (UNCTAD), frecuentemente citados, que demuestran que el volumen de Twenty-foot Equivalent Units (TEUs) que atraviesa esta región marítima, a pesar de que está aumentando, todavía resulta menor comparado con el tráfico generado por las líneas pendulares y las transpacíficas (UNCTAD, 2015). Pero ¿qué se puede decir

sobre los puertos atlánticos que, a pesar de tener bajos niveles de *throughput*, han incrementado su conectividad, es decir, su capacidad para alcanzar nodos adicionales en la red de transporte marítimo que conforma su *foreland* (Freire-Seoane, González-Laxe y Pais-Montes, 2013).

Este artículo intenta proporcionar evidencias sobre los cambios en la estructura de la conectividad del sistema portuario atlántico durante el período 2006-2011 utilizando un análisis de redes complejas. La hipótesis a verificar es si ha existido un cambio significativo en el desplazamiento de la demanda de servicios marítimos hacia los clústeres portuarios del Atlántico Sur a lo largo del periodo antes mencionado. Este es un intervalo temporal crítico para entender el impacto de la Gran Recesión en los patrones de comercio del Océano Atlántico (Mesa-Arango, et al., 2019), y para situar a los puertos del Atlántico Sur (costas de Brasil – Uruguay - Argentina y Golfo de Guinea, principalmente) también como atractores relevantes del incipiente tráfico marítimo esperado con la apertura de las nuevas esclusas del Canal de Panamá.

El artículo se divide en cinco secciones: A esta introducción le sigue un análisis de la literatura científica más reciente y relevante usada para esta investigación; la tercera sección explica la metodología, proponiendo una novedosa aproximación sobre el procedimiento para obtener la matriz de adyacencia de grafos logísticos, y sobre el uso de algoritmos de separación para visualizar las estructuras reticulares resultantes; la cuarta sección contiene una exposición de los resultados cuantitativos más relevantes y proporciona elementos para probar la hipótesis principal (el desplazamiento de los patrones de transporte marítimo hacia el Hemisferio Sur en el Océano Atlántico); y la sección final presenta las conclusiones más relevantes.

1. Antecedentes

El estudio de la influencia portuaria sobre el *hinterland* y el *foreland* se ha realizado

en los últimos años, fundamentalmente, a través de tres metodologías diferentes: Por medio de la selección portuaria (Malchow y Kanafani, 2001; Kim, Lee y Shin, 2004; Ng, 2006); a través de la eficiencia portuaria (Cullinane, Wang, Song y Ping, 2006; Wilmsmeier, Hoffmann y Sánchez, 2006; Bloningen y Wesley, 2008; Odeck y Bråthen, 2012); y sobre la base de la conectividad de red (Slack, 2001; Notteboom, 2004; Fremont, 2007; Ducruet, Lee y Ng, 2010a; Ducruet, et al., 2010b; Kaluza, Kölzsch, Gastner y Blasius, 2010), que es la escogida para esta investigación. Esta última aproximación permite caracterizar a puertos y regiones no sólo en términos de su *throughput* total o de la estructura de preferencias de los *stakeholders* (eficiencia portuaria/selección portuaria) sino también en función de su influencia, o capacidad de intermediación (parámetros de grado y centralidad de red).

El creciente uso de metodologías derivadas de la teoría de redes complejas, que comienza formalmente con la investigación de Barabasi y Réca (1999), está íntimamente relacionado con la generalización de potentes *DataBase Management Systems* (Lake y Crowther, 2013); y, en la investigación de transporte marítimo, específicamente con la difusión de los sistemas de localización *Automatic Information System* (AIS), obligatorios para todos los buques de más de 300 GT desde el año 2001 (International Maritime Organization [IMO], 2001; Harati-Mokhtari, Wall, Brooks y Wang, 2007).

Existen referencias ineludibles, tanto teóricas como prácticas, en el novedoso campo del análisis de las redes complejas del transporte de mercancías. Hesse y Rodrigue (2004), proponen respuestas a la pregunta simple de cómo las redes logísticas pueden proporcionar múltiples soluciones factibles al problema de la distribución *point-to-point*.

El problema abstracto de la estructura óptima de una red compleja dentro de un entorno de plantas de producción, almacenes y clientes se analiza en Meepetchdee y Shah (2007). Fremont (2007), por su parte, avanza en la flexibilidad y características taxonómicas

de la red compleja de una de las más importantes navieras. Kaluza, et al. (2010) enfatizan sobre distintas en redes basadas en AIS para diferentes modos de navegación (graneleros, tanqueros y portacontenedores). Woolley-Meza, et al. (2011) establecen una comparación entre redes complejas de transporte de mercancías aéreas y marítimas.

Por su parte, Gelareh, Nickel y Pissinger (2011) inciden en la problemática de determinar la localización óptima de los *hubs*; Boccaletti, Latora, Moreno, Chavez y Hwang (2006) y Rodrigue, Comtois y Slack (2013) deben ser tenidos en cuenta como referencias básicas acerca del análisis de redes complejas aplicado al problema logístico; y Ducruet et al. (2010a), Ducruet, et al. (2010b); Ducruet y Notteboom (2012); y Ducruet y Faraz (2012) han desarrollado, quizá, el trabajo más robusto en esta materia.

Por último, el problema de la determinación de la carga real de una red de transporte de mercancías, en la que se asume la carga existente, como el máximo de capacidad del buque, podría ser explorado calculando el equilibrio de Nash en los nodos de la red de puertos objetivo (Vanegas y Pascal, 2014).

Desde hace mucho tiempo, las aportaciones que hacían mención a la relevancia del Océano Atlántico como región portuaria habían dejado de poseer un protagonismo singular, pero debido a la negociación del Transatlantic Trade and Investment Partnership (European Commission [EC], 2015) y a la apertura de las nuevas esclusas del Canal de Panamá (Boney, 2016; Ashar, 2015) se espera que este espacio geográfico y subsistema político-económico adquiera nuevo protagonismo (EC, 2014; World Maritime News, 2015).

Algunos estudios específicos respecto al espacio portuario definido por el Océano Atlántico pueden ser considerados como referencias clave para contextualizar la presente investigación. Hayut (1981) es el primer autor en delimitar los puertos norteamericanos del Atlántico Norte como un área clave para el desarrollo industrial de Estados Unidos; Starr (1994) analiza la posible existencia de un

nodo central de contenerización para la región portuaria completa del Atlántico Norte en la línea Hampton Roads-Baltimore; McCalla (1999) es el primer autor en sugerir un futuro de competitividad para la línea Asia - Canal de Suez - Océano Atlántico frente a la más convencional Transpacífico - Canal de Panamá o Transpacífico - U.S. Railway.

De igual manera, Mañe (2005) avanza la hipótesis de la creación de una región portuaria de influencia a lo largo del Golfo de Guinea, adelantando la teoría del desplazamiento del comercio, hacia modalidades exclusivamente Sur-Sur, presente en los últimos volúmenes de la Review of Maritime Transport de la UNCTAD (2013; 2014; 2015; 2016); Stopford (2009) define las nueve principales líneas de suministro que cruzan el Océano Atlántico, con un nodo de partida en el Norte de Europa y con el otro extremo del vínculo en la Costa Este de EEUU, Canal de Panamá, Santos-Buenos Aires, Lagos, Cape Town y Mar Mediterráneo.

Ducruet, et al. (2010b) construye un análisis de red sobre un conjunto global de posiciones AIS, extrayendo la subred de puertos atlánticos con el objetivo de clarificar la estructura de conectividad de los clústeres africano, europeo, latinoamericano y norteamericano; por último González-Laxe, Freire-Seoane y Pais-Montes (2012) han mostrado una perspectiva adicional del tráfico transatlántico, en su papel secundario dentro de la red completa global de tráfico contenerizado y de mercancía general.

2. Metodología

2.1. Construcción de la base de datos

La base de datos ha sido obtenida de los datos AIS presentes en el Lloyd's Shipping Register, considerando las siguientes restricciones: Buques construidos antes de 2006 (garantizando, por tanto, una cantidad mínima y homogénea de movimientos); activos en el momento de la petición de datos; de mercancía general (graneleros) o portacontenedores, al ser estos dos modos logísticos sobre los

que se ha establecido una relación directa con el crecimiento económico del *hinterland* (Clark, Dollar y Micco, 2002; Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2008); con un tamaño mínimo de 1,000 TEUs para portacontenedores y 1,510 DeadWeight Tonnage (DWT) para buques de mercancía general, evitando de este modo ruido estadístico procedente del cabotaje; que visiten al menos dos diferentes continentes a lo largo de 2006-2011; y, finalmente, sin tener en cuenta posiciones de fondeo.

La Tabla 1 presenta la composición de la muestra, dividida en dos períodos temporales

para cada modo logístico considerado: Desde abril de 2006 a marzo de 2009 (fase que comprende el periodo anterior a la recesión y recoge los primeros impactos de la misma); y desde abril de 2009 a marzo de 2011 (periodo que parte de la fase más profunda de la crisis y muestra los primeros síntomas del resurgir del comercio marítimo). La elección de este intervalo temporal, presente en otros artículos sobre esta materia (González-Laxe, et al., 2012; Pais-Montes, et al., 2012; Freire-Seoane, et al., 2013), proporciona una cantidad de posiciones estadísticamente significativa y homogénea.

Tabla 1
Composición de la muestra

Intervalo temporal analizado		Portacontenedores	
		2006-2008	2009-2011
Capacidad máxima de los buques*	Número total de posiciones AIS	409.196	568.712
	Puertos de atraque	365	871
	Número total de buques	1.956	2.175
	Máximo	15.550	15.550
	Mínimo	1.000	1.000
	Promedio	4.321	4.272
	Muestra	8.607.554	10.376.331
Capacidad total*	Flota real actual**	10.760.173	12.142.444
	%	79,99%	85,46%

* Portacontenedores en TEUs, ** UNCTAD (2014).

Fuente: Elaboración propia, 2019.

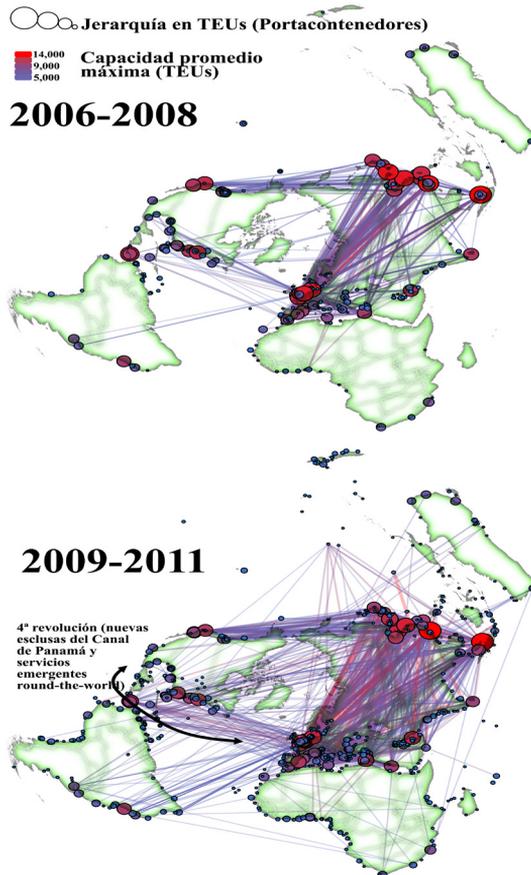
La muestra cubre, aproximadamente, un 82% de la capacidad total global de la flota de contenedores y un 25% de los buques de mercancía general. El número total de los buques en servicio de la muestra obtenida varía entre los dos intervalos temporales, para

los contenedores entre 1.956 y 2.175, y en los graneles entre 1.807 y 1.991 respectivamente, mostrando un aumento de la oferta en estas dos modalidades en el segundo periodo considerado. Se puede observar también un aumento en el número total de escalas del 136%

en el caso de los portacontenedores, y del 84% en el caso de los buques de mercancía general, indicando de este modo la recuperación a lo largo del período 2009-2011 de la actividad de transporte marítimo, especialmente en los portacontenedores (Containerisation International [CI], 2009a, 2010b).

2.2. Programación de la red

En una primera fase metodológica, las secuencias AIS conforman la Matriz de Adyacencia (nodos y vínculos no orientados), transformando una sucesión unidimensional en una matriz 2D. En este punto, es importante observar que tan sólo la visualización azimutal de los pares obtenidos ya es capaz de mostrar perspectivas importantes en la evolución de las rutas a nivel mundial (ver Figura I).



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura I. Visualización de la muestra completa

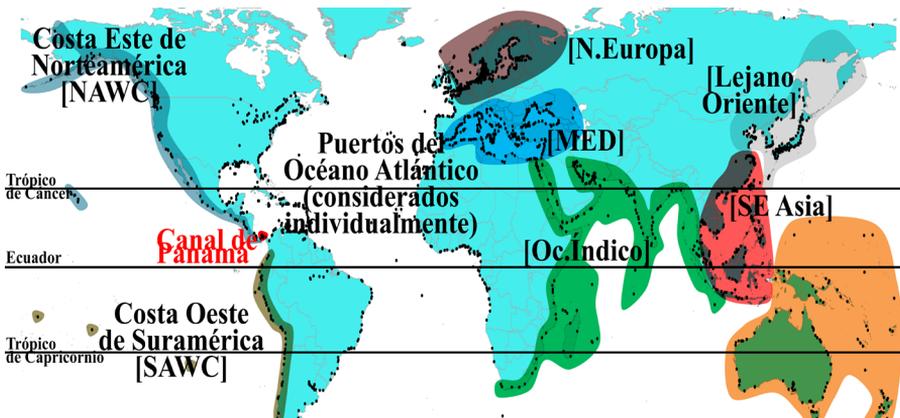
En los patrones del segmento de portacontenedores superior a 5.100 TEUs (Post-Panamax), se pueden observar nuevas y significativas operaciones en 2009-2011. Las áreas emergentes más relevantes parecen desplazarse, efectivamente, en dirección al Hemisferio Sur: Mar Caribe, puertos de Brasil, Costa Oeste de Suramérica, Sureste de Asia, Australia y el *foreland* de proximidad de Lagos (Freire-Seoane, et al., 2013). Esto puede ser tomado como una evidencia del desplazamiento de la demanda en esta dirección, o de la consolidación de servicios Sur-Sur (UNCTAD, 2013; 2014; 2015; 2016).

La estructura en forma de C invertida del tráfico Post-Panamax sugiere, a su vez, un potencial cierre establecido entre los vínculos que unen a la Costa Oeste de Norteamérica (NAWC) con las líneas transatlánticas, cambio que algunos autores han denominado cuarta revolución del tráfico contenerizado (Ashar, 2006); y que consistiría, fundamentalmente, en el establecimiento de servicios *round-the-world* con altas frecuencias y grandes

capacidades, que atravesarían las nuevas esclusas del Canal de Panamá. La emergencia de estas líneas ecuatoriales redibujará los actuales patrones logísticos e impulsará servicios perpendiculares con destino a ambas costas del Océano Atlántico y a ambos hemisferios (Ashar, 2012).

2.3. Visualización de la red

Partiendo de una caracterización similar a la usada por Li, Xu y Shi (2014), es posible considerar cada puerto del Océano Atlántico como un nodo individual, y agregar el resto de los puertos del mundo en 9 áreas marítimas (Norte de Europa; Mediterráneo; Océano Atlántico; Océano Índico; Oriente Próximo; Sudeste asiático; Australia; Norte América; y Sudamérica), de acuerdo al esquema planteado en la Figura II.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura II. Unidades de análisis de red: puerto individuales y macro-regiones portuarias

De este modo una estructura de red $(port_i, (\overline{port_m, port_n}))^{t,j}$ puede ser construida, aplicando el pseudocódigo pgSQL de la Tabla 2, donde $1 \leq i \leq M$ (M =“número total de nodos”), $t=\{1=$ “2006-2008”, $2=$ “2009-2011”}, y $j=\{1=$ “contenedores”, $2=$ “mercancía general”}. De acuerdo con Ducruet, et al. (2010a) y Pais-Montes, et al. (2012), tres parámetros de red pueden ser utilizados para poder determinar la medida de la conectividad portuaria:

1. $p_{i,j,1}^t$ es la capacidad máxima (*estimated throughput*) en el nodo i , para el nodo logístico j y el periodo temporal t . Este dato es una variable proxy óptima del *port throughput* (Ducruet, et al., 2010a), calculada como la suma de las capacidades máximas de los buques que atracan en esta posición en el intervalo temporal especificado. Dado que la matriz de adyacencia $(A_{m,n})^{t,j}$ generada para t y la modalidad logística j , contiene información relativa con la máxima capacidad de carga movida a lo largo del vínculo $(port_m, port_n)$, entonces es posible definir la “capacidad máxima del nodo i para el modo logístico j y el tiempo t ”, como

$$p_{i,j,1}^t = \sum_{1 \leq n \leq M} (A_{i,n})^{t,j}$$

2. $p_{i,j,2}^t$ es el grado del nodo $nport_i$, o el número de nodos directamente conectados con $port_i$, calculado como el “grado del nodo i para el modo logístico j y el tiempo t ”

$$p_{m,j,2}^t = \sum_n (\delta_{m,n})^{t,j}$$

$$\text{donde } \delta_{m,n} = \begin{cases} 1 & \text{if } A_{m,n} \neq 0 \\ 0 & \text{if } A_{m,n} = 0 \end{cases}$$

Esta variable aproxima la importancia que un nodo tiene desde el punto de vista de la conectividad directa con los *clústeres* circundantes. En la literatura científica sobre teoría de grafos aplicada a problemas de transporte marítimo, el grado también aparece estrechamente relacionado con el *throughput* portuario (Ducruet, et al., 2010a; 2010b; Freire-Seoane, et al., 2012), por lo que cuantos más nodos directamente vinculados a un puerto se contabilicen, más probabilidades existen de

que esta posición registre altos volúmenes de *throughput*.

3. $p_{i,j,3}^t$ es la *Betweenness Centrality* (BC) del nodo $nport_i$, calculada como la frecuencia con la que un nodo aparece entre las rutas más cortas uniendo dos nodos arbitrarios (Brandes, 2001). Para el caso de esta muestra, el cálculo sería:

$$p_{i,j,3}^t = \left(\sum_{m,n} \frac{\sigma_{port_m, port_i, port_n}}{\sigma_{port_m, port_n}} \right)^{t,j}$$

Donde $\sigma_{port_m, port_i, port_n}$ es el número de rutas más cortas uniendo $port_m$ con $nport_i$ v pasando a través de $port_i$; y donde $\sigma_{port_m, port_n}$ es el número de rutas más cortas uniendo $port_m$ con $port_n$.

Este parámetro es una de las medidas de influencia que más se usan en los estudios sobre el transporte (Costenbader y Valente, 2003). Cuanto más grande sea la BC, mayor capacidad de intermediación posee un puerto con respecto a la cadena logística global, lo que puede suceder independientemente de la capacidad máxima (como puede resultar de ser un paso obligatorio -regiones hidrográficas o restricciones geográficas-) y del grado de un puerto (que podría ser de magnitudes mínimas).

Para calcular las variables de red, se utilizan dos de las librerías de *software* más empleadas: La *Tulip* (Lambert y Aubert, 2012) y la *Gephi* (Bastian, Heymann y Jacomy, 2009). Una vez obtenidas, se procede a la visualización de la estructura final para cada intervalo temporal y para cada modo logístico, utilizando procedimientos de separación (Dwyer, Koren y Marriott, 2006), también llamados *force-directed algorithms* (Eades y Huang, 2000; Hu, 2005), como herramienta principal. En este caso concreto se ha usado un algoritmo BDTA y un procedimiento “*Edge bundling*” (Holten y Van Wijk, 2009; Lambert y Auber, 2012).

Estos métodos numéricos de recomposición espacial gráfica están destinados a la clarificación de la estructura de flujo y de clusterización en la red analizada, manteniendo cercanos los nodos altamente vinculados, y separando los nodos con escasos vínculos a

través de los caminos más cortos. En el caso de las redes complejas de transporte marítimo, el procedimiento de separación parece actuar como una transformación algebraica del espacio métrico desde un conjunto de nodos con una distancia geográfica asociada, a otro con una determinada distancia económica (Pais-Montes, et al., 2012).

3. Parámetros de red: Resultados

La Tabla 2 muestra los resultados del cálculo de la conectividad para cada nodo de las cuatro redes calculadas: Capacidad máxima, grado, centralidad y centralidad normalizada (BC de un puerto dividida por el valor máximo de BC para los puertos del conjunto considerado, i.e.

$$p_{i,j,k}^t = \frac{P_{i,j,k}^t}{\max_{1 \leq m \leq M} \{P_{m,j,k}^t\}}.$$

Un indicador de la tasa de variación promedio en estos tres parámetros se incluye, con la especificación $\frac{P_{i,j,k}^1 P_{i,j,k}^0}{P_{i,j,k}^0}$ entre $t=0$ (2006-2008) y $t=1$ (2009-2011).

Con la información disponible en la Tabla 2, se puede establecer una jerarquía portuaria de acuerdo a la capacidad máxima para $t=1$ ($p_{i,j,1}^1$). La posición de cada nodo, de acuerdo al *ranking* de portacontenedores, se observa en $r_{i,1}$ y $r_{i,2}$, respectivamente; por lo tanto, la lista de nodos puede ser ordenada tomando como índice $(r_{i,1}^1 + r_{i,2}^1)/2$. Con el objetivo de clarificar los límites cuantitativos de las cuatro estructuras completas, se han incluido la media, el índice de concentración de Gini y la suma de las capacidades máximas individuales (última columna).

La mercancía contenerizada, a pesar de que $Sp_{i,j,1}^1$ se incrementa en 2009-2011 con respecto a 2006-2008, la capacidad máxima promedio $E[p_{i,j,1}^1]$ se reduce desde 11.012 hasta 5.980 miles de TEUs. Este número, unido con el incremento en el índice de Gini, sugiere la presencia de nuevos puertos emergentes

capaces de alcanzar importantes *throughputs* en un período corto. Es importante resaltar la reducción en el grado promedio $E[p_{i,j,2}^1]$ para las terminales de contenedores, bajando de 16 a 15, mostrando, por lo tanto, la importante pérdida de conectividad para todo el sistema, directamente relacionada con la fuerte caída en la demanda de servicios contenerizados a lo largo del período 2008-2009 (Pais-Montes, et al., 2012).

El relevante incremento medio en términos de influencia regional, medida en unidades de centralidad ($p_{i,j,3}^1$) muestra un escenario de resistencia, en el cual, a pesar de pérdidas en el volumen total o en el grado, la capacidad de intermediación de los puertos resistió a la alta volatilidad de la demanda a lo largo del delicado período analizado (2006-2011), consiguiendo mantener exitosamente tasas de variación positivas.

Adicionalmente, se analiza la evolución de las tasas de variación de las cuatro áreas tropicales (filas inferiores de la Tabla 2). Con la información disponible se puede constatar que los puertos localizados en la zona Tropical Sur (i.e. entre latitudes 0° y $-23,43^\circ$) son los que muestran mejores indicadores de crecimiento en todos los parámetros de red. De acuerdo a los patrones marítimos globales, estas áreas se muestran como las que más crecen en términos de incremento de su capacidad máxima y grado. Por tanto, la evidencia de una asimetría en los patrones de tráfico marítimo que favorece al Hemisferio Sur puede ser establecida para los flujos de mercancía contenerizada.

Respecto al comportamiento de los puertos individuales del Océano Atlántico, en términos de influencia sobre los patrones de carga marítima, el análisis de las tasas de crecimiento permite realizar las siguientes consideraciones:

- El puerto de Santos, localizado al Sur del Trópico de Capricornio, es la posición del Océano Atlántico con el más alto grado (74 conexiones directas) y centralidad (1.612,39 unidades de BC) en lo que respecta a los flujos contenerizados de mercancía a lo largo de 2009-2011;
- El área de influencia del Golfo de Guinea

Tabla 2
Parámetros de red para contenedores

Lat*	r ^{1,1}	r ^{1,2}	Terminales de portacontenedores (j=1)	2009-2011 (t=1)					Variación (2009-2011, 2006-2008)				
				P ^{1,1,1} Capacidad máxima	P ^{1,1,2} Grado	P ^{1,1,3} Centralidad BC	P ^{1,1,3} BC normalizada	Δ(P ^{1,1,1} , P ^{1,1,2})	Δ(P ^{1,1,2} , P ^{1,1,3})	Δ(P ^{1,1,3} , P ^{1,1,3})			
12.2	1	1	[SE Asia]	258.65	86	2320.35	0.5861	0.1	0.8	6.0	0.3		
40.0	2	2	[Far East]	155.56	56	1547.13	0.3908	0.0	0.7	10.4	1.1		
37.5	3	5	[MED]	111.60	102	2852.49	0.7206	0.2	0.6	2.9	-0.3		
54.8	5	3	[N.Europe]	91.31	103	3310.00	0.8361	-0.1	0.5	3.5	-0.2		
1.0	4	4	[IndianOcean]	94.63	74	1557.64	0.3935	0.4	0.6	3.4	-0.2		
9.1	7	6	[PanamaCnl]	48.78	97	3958.68	1.0000	-0.1	0.6	6.8	0.5		
45.0	6	10	[NAWC]	65.20	40	1524.90	0.3852	-0.2	0.8	53.3	9.1		
-17.6	16	7	[Australasia]	13.05	33	213.15	0.0538	0.4	3.1				
-24.0	11	12	Santos	29.88	74	1612.39	0.4073	0.3	0.6	5.8	0.3		
-12.6	20	11	[SAWC]	10.50	30	334.91	0.0846	1.8	2.3	682.5	126.5		
28.1	18	15	Las Palmas	11.03	46	454.17	0.1147	0.8	0.6	6.2	0.3		
32.1	9	30	Savannah	22.11	34	94.53	0.0239	54.3	2.1	410.0	75.7		
-22.9	21	22	Rio de Janeiro	9.15	47	259.24	0.0655	0.3	0.2	1.3	-0.6		
18.0	25	18	Kingston	6.77	47	412.73	0.1043	-0.1	0.2	1.9	-0.5		
29.9	36	9	Sth.Louisiana	4.92	32	28.18	0.0071	0.1	0.1	0.3	-0.8		
6.5	29	17	Lagos	6.01	34	315.83	0.0798	2.0	0.9	11.3	1.3		
19.2	28	24	Veracruz	6.16	39	209.59	0.0529	0.3	0.4	1.0	-0.6		
40.0	44	13	Philadelphia	3.07	24	237.70	0.0600	0.2	0.0	12.4	1.5		
32.1	13	46	Savannah	34.83	38	162.73	0.0411	1.2	0.3	8.2	0.7		
5.4	40	19	Abidjan	4.17	34	338.53	0.0855	1.3	1.0	20.6	3.0		
26.1	30	31	Pt Everglades	6.00	47	512.02	0.1293	0.2	0.6	2.8	-0.3		
32.1	10	53	Pt. Wentworth	29.99	28	19.78	0.0050	1.0	-0.1	-0.7	-0.9		
30.3	37	28	Jacksonville	4.75	20	10.89	0.0028	1.7	0.0	-0.7	-0.9		
10.4	31	39	Cartagena	5.65	57	1033.90	0.2612	1.8	1.0	17.6	2.5		
37.0	12	60	Hmpt.Roads	24.45	35	92.58	0.0234	-0.1	-0.1	0.6	-0.7		
39.3	27	47	Baltimore	6.35	19	12.59	0.0032	0.3	-0.2	0.1	-0.8		
32.8	14	62	Charleston	19.28	42	84.36	0.0213	0.6	0.2	0.6	-0.7		

Cont... Tabla 2

5.7	39	Tema	4.30	32	227.92	0.0576	3.4	1.5	134.7	24.3
22.4	32	Altamira	5.51	27	237.16	0.0599	0.5	0.6	14.0	1.8
-20.3	54	Vitoria	1.93	42	236.72	0.0598	95.5	7.4	815.3	151.3
50.9	15	Southampton	16.81	9	3.64	0.0009	-0.3	-0.5	-0.6	-0.9
-34.6	17	Buenos Aires	12.40	45	368.64	0.0931	0.1	0.5	11.2	1.3
45.5	42	Montreal	3.40	25	201.93	0.0510	0.0	0.7	8.9	0.8
4.1	66	Douala	1.22	26	57.72	0.0146				
38.7	59	Lisbon	1.62	33	248.96	0.0629	0.7	1.2	0.9	-0.7
14.8	45	Dakar	2.98	38	318.41	0.0804	0.8	0.6	6.6	0.4
33.6	71	Casablanca	0.68	11	27.73	0.0070	7.5	0.8	55.6	9.6
-8.8	70	Luanda	0.72	28	76.87	0.0194	71.0	6.0	29.4	4.7
40.6	8	New York&NJ	35.79	46	215.98	0.0546	-0.1	0.0	0.3	-0.8
30.7	60	Mobile	1.59	13	32.26	0.0081	4.0	1.2	16.6	2.3
-4.8	64	Pointe-Noire	1.32	29	404.47	0.1022	131.0	8.7	1347.2	250.5
-22.9	62	Walvis Bay	1.56	28	57.01	0.0144				
10.5	65	Puerto Cabello	1.26	38	174.07	0.0440	1.6	0.5	6.5	0.4
10.4	93	Point Lisas	0.29	11	15.64	0.0040	1.6	0.6	8.9	0.8
43.3	96	Bilbao	0.20	8	3.71	0.0009	0.3	-0.1	-1.0	-1.0
41.2	90	Leixoes	0.31	20	36.25	0.0092				
-30.0	24	Rio Grande	6.80	27	88.28	0.0223				
-26.2	53	S Francisco S.	1.96	21	30.98	0.0078				
6.4	55	Cotonou	1.88	21	21.16	0.0053	36.6	2.5	4.5	0.0
-34.8	22	Montevideo	9.04	28	158.21	0.0400	0.3	0.2		
-25.5	34	Paranagua	5.31	24	67.37	0.0170				
12.1	78	Willhemstad	0.43	14	45.92	0.0116	0.7	0.3	7.5	0.6
25.8	23	Miami	7.64	24	19.44	0.0049	-0.2	-0.2	-0.2	-0.9
10.7	57	Port of Spain	1.72	37	377.01	0.0952	2.2	0.7	12.4	1.5
26.5	19	Freeport	10.55	57	481.83	0.1217	2.2	0.6	2.8	-0.3
4.7	76	Onne	0.48	19	21.64	0.0055	47.0	8.5		
28.0	82	Tampa	0.39	4	1.03	0.0003	0.1	-0.2	5.1	0.1
6.2	56	Lome	1.86	23	22.51	0.0057				

Cont... Tabla 2

38.5	98	Setubal	0.17	14	43.23	0.0109	0.4	0.6	37.9	6.3
53.4	63	Liverpool	1.55	12	51.18	0.0129	0.6	-0.2	0.5	-0.7
4.8	69	S.Pedro(IvCst)	0.75	20	28.35	0.0072	5.3	1.0	13.9	1.8
44.6	26	Halifax	6.40	16	21.30	0.0054	0.0	0.1	6.4	0.4
29.8	144	Houston	0.02	9	0.76	0.0002	1.0	1.3	0.2	-0.8
14.6	73	Fort-de-France	0.58	9	8.10	0.0020	1.8	0.8	-0.8	-1.0
23.0	35	Sepeitiba	5.14	29	304.85	0.0770	3.1	1.2	271.2	49.8
15.8	67	Puerto Cortes	1.11	19	182.37	0.0461				
4.9	89	Takoradi	0.32	12	0.19	0.0000				
13.0	47	Salvador	2.31	36	270.89	0.0684				
42.2	110	Vigo	0.09	11	51.90	0.0131				
0.3	86	Owendo	0.34	20	73.65	0.0186				
12.7	41	Suape	3.69	41	321.29	0.0812				
47.3	61	Montoir	1.58	12	19.27	0.0049	0.3	0.1	-0.8	-1.0
12.4	95	Lobito	0.22	13	3.07	0.0008				
18.6	97	Rio Haina	0.20	19	38.64	0.0098				
16.2	84	Pointe-a-Pitre	0.36	6	3.11	0.0008				
11.0	137	Barranquilla	0.02	7	2.18	0.0006				
10.7	120	Maracaibo	0.05	8	32.04	0.0081				
40.7	38	Bayport	4.63	35	159.04	0.0402	1.2	1.3	232.9	42.6
28.5	139	St.Cruz Tfe.	0.02	3	0.36	0.0001	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0
10.0	83	Puerto Limon	0.39	11	4.36	0.0011	3.3	0.8	47.4	8.0
18.1	103	P de Lamitie	0.13	11	10.11	0.0026	12.0	1.8		
10.6	94	La Guaira	0.25	22	73.38	0.0185	24.0	2.7	69.6	12.2
36.5	125	Cadiz	0.04	5	0.88	0.0002	-0.3	-0.4	-0.7	-0.9
39.7	81	Wilmington	0.39	8	1.67	0.0004	1.0	3.0		
29.9	198	Port Arthur	0.00	2	0.00	0.0000				
3.6	51	Pecem	2.02	33	143.46	0.0362				
38.0	33	Sines	5.44	20	27.66	0.0070	1.1	0.3	0.7	-0.7
32.9	113	Rosario	0.08	9	22.59	0.0057				

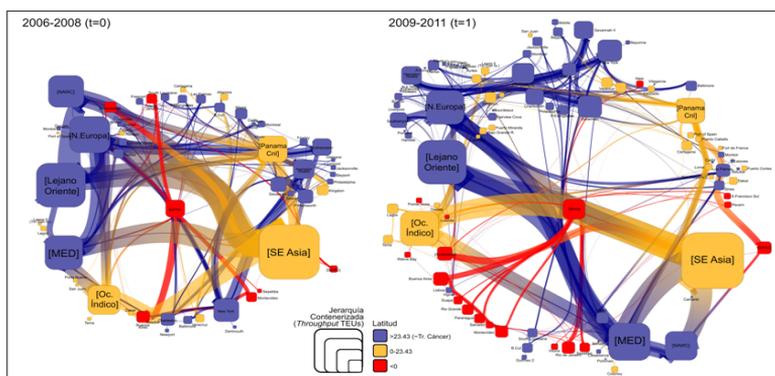
y la Costa Sureste de Brasil aparecen como actores principales en términos de *throughput*, grado y evolución de la centralidad: Puertos que eminentemente muestran crecimiento en todos los parámetros de red son Pointe-Noire (Suroeste de África) y Vitoria (Brasil); los puertos de Onne y Luanda (situados en el Golfo de Guinea), destacan también por sus elevadas tasas de crecimiento en términos de capacidad máxima y grado; en términos de centralidad (influencia regional), las terminales contenerizadas de Tema (Ghana, Golfo de Guinea) y Sepetiba (Sureste de Brasil) aparecen con valores máximos de crecimiento. En el Hemisferio Norte, concretamente en el Atlántico Norte, destaca Savannah (Costa Sureste de Norteamérica) en mercancía contenerizada.

3.1. Estructuras de separación

La Figura III muestra la estructura de

separación calculada para los nodos de la red contenerizada. Destacan los siguientes resultados:

- Los algoritmos *force-directed* sitúan a Santos como el principal centro regional de actividad del Océano Atlántico para los periodos temporales considerados (Cabral y Ramos, 2014; CI, 2011a; 2012; 2013c), en correspondencia con sus elevados valores de grado y centralidad. A lo largo de 2009-2011 se crean vínculos de cercanía comercial con [SE Asia] y [Australasia], induciendo por tanto rutas adicionales a lo largo del Cabo de Buena Esperanza; aparece una excelente conectividad con el Caribe y con la Costa Este de Norteamérica (*North American East Coast*, NAEC) (conexiones con Freeport –Is.Bermudas-, Savannah y New York); y un incipiente *cluster* de *Short Sea Shipping* se consolida en el cuadrante inferior izquierdo, formado casi exclusivamente por puertos brasileños (CI, 2009b) fuertemente vinculados con algunas terminales del Arco Atlántico Europeo (Lisboa, Vigo, Belfast).



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura III. Estructura de separación para el tráfico contenerizado

La intensidad con que las áreas portuarias asociadas al Canal de Panamá proporcionan conectividad entre el Este de Asia y los puertos de la Costa Este de Norteamérica ha decrecido

(el vínculo con Hampton Roads, Savannah y Kingston se difumina). En contraste, los vínculos con la Costa Oeste de Norteamérica, Costa Oeste de Suramérica y los *hubs* de

Brasil son prolíficos. Ello refleja el hecho de que estas posiciones tienen acceso a altos niveles de conectividad, consolidándolas no sólo como *hubs* de tránsito, sino también como prominentes *gateways* con destino al *hinterland* de todo el continente americano, a través de los puertos panameños localizados en los dos extremos del canal (Colon, en el Mar Caribe y Balboa, en la orilla del Pacífico) (CI, 2011b; 2010a; 2013a).

Una notable característica en la evolución de la relación comercial entre los puertos europeos del Arco Atlántico y el Canal de Panamá, es que se puede detectar una significativa pérdida de conectividad directa con las áreas británicas Southampton-Fowley, Cardiff-Swansea, Fenit (Irlanda) y también con las terminales españolas de Cádiz/Marín.

- En el periodo 2009-2011 se detecta un *clúster* dual emergente en la parte superior del grafo que se ha vuelto visiblemente más importante en términos de conectividad. Los dos núcleos de esta subred intensamente conectada son: Las terminales de [N.Europa] y una línea portuaria que atraviesa la Costa Noroeste de los Estados Unidos (New York, Savannah-Port Wentworth y Charleston). Freeport (Bahamas), que parece haber ampliado de modo significativo sus infraestructuras de transshipment (Hartnell, 2014), actúa como un nodo de distribución para el conjunto mencionado de puertos. El complejo de terminales de Hampton Roads, con un *hinterland* primario situado en Virginia – Maryland - Washington D.C., es también fundamental para catalizar la conectividad entre [N.Europa] y [NAEC] (CI, 2013b). Algunas localizaciones del Arco Atlántico Europeo han perdido vinculación comercial con los grandes *hubs* de [N.Europa]. Esta conducta es especialmente relevante en *hubs* portugueses como Sines, Leixões y Setúbal, que frecuentemente alternan con Las Palmas su rol de nodo de suministro con respecto a la Costa Oeste Africana (Dakar, Lome y San Pedro) y la costa

brasileña (São Francisco do Sul y Pecem).

- Es importante resaltar también la existencia de líneas europeas de suministro claramente independientes de la actividad del [N.Europa]. Las dos terminales de contenedores de Lisboa y Vigo, por ejemplo, aparecen estrechamente vinculadas con complejos portuarios de Argentina (Buenos Aires), Uruguay (Montevideo) y del Sur de Brasil (Rio Grande y Paranagua).
- [N.Europa] ha estrechado vínculos con los *hubs* más meridionales como las terminales de Lagos, Maracaibo (Puerto Miranda, Bajo Grande R. y Cabimas), y la costa Atlántica Sudamericana.

Conclusiones

El análisis de las redes complejas del transporte marítimo se está convirtiendo en una herramienta importante a la hora de determinar factores adicionales de crecimiento y competitividad, tanto para los puertos objetivo, como para las economías de los países implicados. De modo complementario a las técnicas de análisis descriptivo y econométrico, el estudio de la conectividad portuaria, tomando como conjunto de partida la red formada por las posiciones de los buques en un intervalo temporal determinado, es capaz de describir las relaciones que unos puertos establecen con otros, más allá de la contabilidad del volumen de mercancías anual, añadiendo indicadores de conectividad (influencia) como la capacidad máxima estimada, el grado o la centralidad.

La subred de mercancía contenerizada del Océano Atlántico muestra un desplazamiento del centroide de la demanda de transporte marítimo de mercancías asociadas al sector secundario y terciario hacia latitudes correspondientes al hemisferio sur. En este sentido, los complejos de terminales situados en [N.Europa] seguirán siendo líderes en volumen de mercancías anual, pero al otro lado del English Channel, nuevos puertos atlánticos están tomando la iniciativa de una mayor

influencia y capacidad de intermediación con respecto a los nuevos patrones emergentes Sur-Sur, que tienen al Atlántico Sur como protagonista fundamental.

Desde el punto de vista de la mercancía contenerizada, el principal centro de distribución logística está situado alrededor del complejo de terminales brasileñas de Santos. Adicionalmente, hay dos relevantes *clústeres* secundarios de actividad con una importante estructura de conectividad orientada hacia posiciones en el sur: Freeport (Bahamas)-eslabón de *transshipment* para puertos de la Costa Sureste de EEUU-, como Savannah, Port Wentworth y Charleston; y Las Palmas (España).

Numerosos puertos de la Costa Oeste de África (Lagos, Abidjan, Lomé, San Pedro, Dakar) aparecen con nuevas vinculaciones directas, tanto con la Costa Noreste de EEUU (Hampton Roads, Boston, Halifax) como con la línea portuguesa de conectividad (Leixões-Setubal-Sines). Por último, los complejos portuarios de terminales para portacontenedores, situados en ambos extremos del Canal de Panamá, se configuran como *hubs* emergentes de distribución respecto a los puertos de la Costa Oeste de América, y pierden influencia como nodos intermedios de los servicios que conectan las líneas Transpacíficas con el Northern Range Europeo.

En conclusión, se pueden detectar importantes cambios en la estructura del tráfico transatlántico de carga marítima, y por tanto, del comercio internacional de mercancías, en el sentido de que se ha producido un desplazamiento de los centros de demanda portuaria (y, por tanto, de la demanda de sus *hinterlands*) hacia latitudes más meridionales a lo largo del período 2006-2011. Por tanto, a pesar de la ralentización del crecimiento económico mundial pronosticada para la presente década, las nuevas esclusas del Canal de Panamá y la evolución de los posibles acuerdos comerciales transatlánticos actualmente en negociación, se encontrarán con un fuerte centro de demanda procedente de la línea de suministro Europa - Costa Este

de EEUU, pero también con un importante vector de crecimiento situado en el Atlántico Sur (Sudamérica y África Occidental) con capacidad de atracción marítima debido a sus perspectivas intrínsecas de crecimiento económico favorable.

Referencias bibliográficas

- Ashar, A. (2012). The fourth revolution: Long-term developments of containerized shipping. *Port Technology*, 55(1), 77-83.
- Ashar, A. (2015). The impact of Panama canal on trade and transshipment. En *TOC Conference Americas 2015*. Conferencia llevada a cabo en el Congreso TOC 2015, Ciudad de Panama.
- Barabási, A. L., y Réka, A. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286, 509-512.
- Bastian, M., Heymann, S., y Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. *International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, 8, 361-362.
- Bierbrauer, E. (2015). *The transatlantic trade and investment partnership: The sluggish state of negotiations*. Bruselas: Parlamento Europeo. Recuperado de <http://bit.ly/1S99TFp>
- Blonigen, B. A., y Wesley, W. (2008). Port efficiency and trade flows. *Review of International Economics*, 16(1), 21-36.
- Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., y Hwang, D-U. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. *Physics reports*, 424(4-5), 175-308.
- Boney, J. (2016). *Analysts anticipate 'gradual' impact from expanded Panama locks*. Recuperado de <http://bit.ly/2p5b9C2>
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for be-

- tweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177.
- Cabral, A., y Ramos, F. (2014). Cluster analysis of the competitiveness of container ports in Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69(C), 423-431.
- Christiansen, M., Fagerholt, K., y Ronen, D. (2004). Ship routing and scheduling: Status and perspectives. *Transportation Science*, 38(1), 1-18.
- Clark, X., Dollar, D., y Micco, A. (2002). Maritime transport costs and port efficiency. *Policy Research Working paper*, (2781). The World Bank. Recuperado de <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/451431468766755364/pdf/multi0page.pdf>
- Containerisation International - CI (2009ad). *It's time for the hysteria to stop*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2009be). *Stop Start*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2010a). *An expanding brief*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2010b). *Shipper's survey '10*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2011a). *Boom time in Brazil*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2011b). *Opening up*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2012). *Santos: It's all change*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2013a). *A wider appeal*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2013b). *The battle of Hampton Roads*. Londres, UK.
- Containerisation International - CI (2013c). *The boy's from Brazil*. Londres, UK.
- Costenbader, E., y Valente, T. W. (2003). The stability of centrality measures when networks are sampled. *Social Networks*, 25(4), 283-307.
- Cullinane, K., Wang, T. F., Song, D. W., y Ping, Ji. (2006). The technical efficiency of container ports: comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4), 354-374.
- Ducruet, C., y Faraz, Z. (2012). Maritime constellations: A complex network approach to shipping and ports. *Maritime Policy & Management*, 39(2), 151-168.
- Ducruet, C., y Notteboom, T. (2012). The worldwide maritime network of container shipping: Spatial structure and regional dynamics. *Global Networks*, 12(3), 395-423.
- Ducruet, C., Lee, S-W., y Ng, A. K. Y. (2010a). Centrality and vulnerability in liner shipping networks: Revisiting the Northeast Asian port hierarchy. *Maritime Policy & Management*, 37(1), 17-36.
- Ducruet, C., Rozenblat, C., y Faraz, Z. (2010b). Ports in multi-level maritime networks: evidence from the Atlantic (1996–2006). *Journal of Transport Geography*, 18(4), 508-518.
- Dwyer, T., Koren, Y., y Marriott, K. (2006). IP-Sep-CoLa: An incremental procedure for separation constraint layout of graphs. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 12(5), 821-828.
- Eades, P., y Huang, M. L. (2000). Navigating clustered graphs using force-directed methods. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 4(3), 157-181.
- European Commission - EC (2014). *De politieke vooruitzichten voor de TTIP*. Recuperado de https://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-14-662_en.htm
- European Commission - EC (2015). *TTIP*

- transparency: *Commision publishes detailed report on 11th round of talks*. Recuperado de <http://trade.ec.europa.eu/doclib/press/index.cfm?id=1391>
- Freire-Seoane, M. J., Gonzalez-Laxe, F., y Pais-Montes, C. (2013). Foreland determination for containership and general cargo ports in Europe. *Journal of Transport Geography*, 30(1), 56-67.
- Fremont, A. (2007). Global maritime networks: The case of Maersk. *Journal of Transport Geography*, 15(6), 431-442.
- Gelareh, S., Nickel, S., y Pisinger, D. (2010). Liner shipping hub network design in a competitive environment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(6), 991-1004.
- Gonzalez-Laxe, F. Freire-Seoane, M. J., y Pais-Montes, C. (2012). Maritim degree, centrality and vulnerability: port hierarchies and emerging areas in containerized transport (2008-2010). *Journal of Transport Geography*, 24(1), 33-44.
- Harati-Mokhtari, A., Wall, A., Brooks, P., y Wang, J. (2007). Automatic Identification System (AIS): data reliability and human error implications. *Journal of Navigation*, 60(3), 373-389.
- Hartnell, N. (2014). Port's 25% growth hides missed trade potential. *The Tribune*. Recuperado de <http://bit.ly/2Fw9sEX>
- Hayut, Y. (1981). Containerization and the load center concept. *Economic Geography*, 57(2), 160-176.
- Hesse, M., y Rodrigue, J-P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 12(3), 171-184.
- Holten, D., y Van Wijk, J. J. (2009). Force-Directed edge bundling for graph visualization. *Computer Graphics Forum*, 28(3), 983-990.
- Hu, Y. (2005). Efficient, high-quality force-directed graph drawing *Mathematica Journal*, 10(1), 37-71.
- International Maritime Organization - IMO (2001). *Sistema de asignación de un número de la OMI a los buques para su identificación*. Recuperado de <http://www.imo.org/es/OurWork/MSAS/Paginas/IMO-identificacion-number-scheme.aspx>
- Kaluza, P., Kölzsch, A., Gastner, M. T., y Blasius, B. (2010). The complex network of global cargo ship movements. *Journal of the Royal Society Interface*, 7(48), 1093-1103.
- Kim, Y-S., Lee, H. G., y Shin, C-H. (2004). An empirical study on port selection criteria. *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 28(6), 525-530.
- Lake, P., y Crowther, P. (2013). *Concise guide to databases: A practical introduction (Undergraduate topics in computer science)*. Londres: Springer-Verlag.
- Lambert, A., y Auber, D. (2012). Graph analysis and visualization with Tulip-Python. Conferencia llevada a cabo en *EuroSciPy 2012-5th European meeting on Python in Science*, Bruselas.
- Li, Z., Xu, M., y Shi, Y. (2014). Centrality in global shipping network basing on worldwide shipping areas. *GeoJournal*, 80(1), 47-60.
- Malchow, M., y Kanafani, A. (2001). A disaggregate analysis of factors influencing port selection. *Maritime Policy and Management*, 28(3), 265-277.
- Mañe, D. O. (2005). Emergence of the Gulf of Guinea in the global economy: Prospects and challenges. *International Monetary Fund. Working paper (5-235)*. Recuperado de <http://bit.ly/2FC-3CoO>
- McCalla, R. (1999). Global change, local pain:

- Intermodal seaport terminals and their service areas. *Journal of Transport Geography*, 7(4), 247-254.
- Meepetchdee, Y., y Shah, N. (2007). Logistical network design with robustness and complexity considerations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37(3), 201-222.
- Mesa-Arango, R., Narayanan, B. N., y Satish, V. U. (2019). The impact of international crises on maritime Transportation-Based Global Value Chains. *Networks and Spatial Economics*, 19(2), 381-408.
- Ng, A. K. Y. (2006). Assessing the attractiveness of ports in the North European container transshipment market: An agenda for future research in port competition. *Maritime Economics and Logistics*, 8(3), 234-241.
- Notteboom, T. (2004). Container shipping and ports: An overview. *Review of network economics*, 3(2), 86-106.
- Odeck, J., y Bråthen, S. (2012). A meta-analysis of DEA and SFA studies of the technical efficiency of seaports: A comparison of fixed and random-effects regression models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10), 1574-1585.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OECD (2008). The Impacts of Globalisation on International Maritime Transport Activity. Conferencia llevada a cabo en *Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World*. Guadalajara, Mexico.
- Pais-Montes, C., Freire-Seoane, M. J., y González-Laxe, F. (2012). General cargo and containership emergent routes: A complex networks description. *Transport Policy*, 24(1), 126-140.
- Rodrigue, J. P., y Notteboom, T. (2010). Folland-based regionalization: Integrating intermediate hubs with port hinterlands. *Research in Transportation Economics*, 27(1), 19-29.
- Rodrigue, J. P., Comtois, C., y Slack, B. (2013). *The geography of transport systems*. London: Routledge.
- Slack, B. (2001). *Global reach: The evolving pattern of container shipping networks*. Université of Montreal, Montreal.
- Song, D-W., y Panayides, P. (2008). Global supply chain and port/terminal: Integration and competitiveness. *Maritime Policy & Management*, 35(1), 73-87.
- Starr, J. T. (1994). The mid-Atlantic load centre: Baltimore or Hampton Roads? *Maritime Policy and Management*, 21(3), 219-227.
- Stopford, M. (2009). *Maritime Economics*. 3e. London: Routledge.
- United Nations Conference on Trade And Development - UNCTAD (2013). *Review of Maritime Transport 2013*. Recuperado de https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2013_en.pdf
- United Nations Conference on Trade And Development - UNCTAD (2014). *Review of Maritime Transport 2014*. Recuperado de <http://bit.ly/1p27Us8>
- United Nations Conference on Trade And Development - UNCTAD (2015). *Review of Maritime Transport 2015*. Recuperado de <http://bit.ly/1YwtssP>
- United Nations Conference on Trade And Development - UNCTAD (2016). UNCTADstat. Recuperado de <http://unctadstat.unctad.org/EN/>
- Vanegas, M., y Pascal, J. (2014). Equilibrio de Nash y resolución de conflictos. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XX(4), 658-677.
- Wilmsmeier, G., Hoffmann, J., y Sanchez, R. (2006). The impact of port character-

- ristics on international maritime transport costs. *Research in Transportation Economics*, 16(1), 117-140.
- Woolley-Meza, O., Thiemann, C., Grady, D., Lee, J. J., Seebens, H., Blasius, B., y Dirk B. (2011). Complexity in human transportation networks: A comparative analysis of worldwide air transportation and global cargo-ship movements. *The European Physical Journal B*, 84(4), 589-600.
- World Maritime News (2015). ECSA: TTIP must lift US restrictions on EU operators. Recuperado de <http://bit.ly/2F-tExZR>