



La costa oeste de Latinoamérica: análisis de eficiencia portuaria¹

ÁREA: 5
TIPO: Aplicación

The west coast of Latin America: analysis of port efficiency
A costa oeste da América Latina: análise da eficiência portuária

AUTORES

Beatriz López-Bermúdez²
Universidade da Coruña, España
beatriz.lopez2@udc.es

María Jesús Freire Seoane
Universidade da Coruña, España
maje@udc.es

Ignacio de la Peña Zarzuelo
Universidade da Coruña, España
i.pzarzuelo@udc.es

El desempeño logístico es uno de los factores claves en el comercio internacional, pues las economías con un mayor nivel de desarrollo logístico crecen más rápido. Así, en este artículo se analizan los puertos de la Costa Oeste de Latinoamérica (2008 a 2017) y se plantean dos objetivos; por un lado, identificar si existen factores exógenos que puedan influir en la producción y, por otro, determinar qué factores intervienen en hacer más o menos eficiente un puerto determinado, además de cuantificar el nivel de eficiencia técnica en los puertos utilizando la metodología de análisis de frontera estocástica con datos panel.

Logistic performance is one of the key factors in international trade, the economies with a higher level of logistics development grow faster. This article analyzes the ports of the West Coast of Latin America (2008 to 2017) and there are two main two objectives. First, identify whether there are external factors that may influence the production and, secondly, to determine what factors are involved in making a port more or less efficient. In addition, the level of technical efficiency in the ports is calculated using the stochastic frontier analysis methodology with panel data.

O desempenho logístico é um dos factores-chave no comércio internacional, as economias com maior desenvolvimento logístico crescem mais rapidamente. Assim, este artigo analisa os portos da Costa Oeste da América Latina (2008 a 2017) e propõe dois objectivos. Por um lado, identifica se existem factores exógenos que podem influenciar a produção e, por outro, determinam quais som os factores que intervêm para tornar um porto mais ou menos eficiente, além de quantificar o nível de eficiência técnica em portos usando a metodologia de análise de fronteira estocástica com painel de dados.

1. Autora de contacto:
Observatorio Ocupacional;
Universidade da Coruña;
Centro Universitario de Riazor (CUR); Almirante Lángara s/n; 15011 A Coruña; España

DOI
10.3232/GCG.2018.V12.N2.06

RECIBIDO
26.01.2018

ACEPTADO
05.03.2018

1. Introducción

El transporte marítimo está fuertemente influenciado por la evolución de la economía y el comercio mundial. La actividad industrial, la producción económica, el comercio de mercancías y el transporte marítimo, crecen a diferentes velocidades, pero, en definitiva todos estos factores dependen de la evolución de la economía mundial. Por otra parte, el desempeño logístico es uno de los factores claves en el comercio internacional, pues las economías con un mayor nivel de desarrollo logístico crecen más rápido, y por tanto son más competitivas y eficientes.

Los países de la Costa Oeste de América Latina en el periodo de 2008 a 2017 presentan unas tasas de crecimiento del Producto Interior Bruto (en adelante, PIB), notablemente diferentes a las de los países desarrollados y en vías de desarrollo (inmersos en la crisis económica). El comercio ha sido uno de los motores del crecimiento experimentado en estos países debido al aumento de la demanda internacional, sobre todo la de Asia-Pacífico que ha provocado importantes incrementos en los precios de las materias primas. Esta situación llevó aparejado un crecimiento del PIB, de la productividad laboral y una incipiente y sostenida política de integración regional (CEPAL, 2014).

A finales de la década de los 90 algunos países de la Costa Oeste de América Latina habían llevado a cabo procesos de modernización del sistema portuario, a través de la promulgación de leyes, que han permitido consolidar la presencia del sector privado en instalaciones todavía aferradas a modalidades de gobernanza service o toolport. El objetivo perseguido con estos cambios legislativos era la mejora de la eficiencia a través de la descentralización y desregulación del servicio, fomentado la entrada de capital privado para financiar las infraestructuras de logística portuaria mediante sistema de concesiones de explotación.

Esta investigación tiene un objetivo dual, por un lado, identificar si existen factores que puedan influir en la producción (como es el caso de los sistemas de gobernanza portuaria) y, por otro, determinar qué factores interviene en hacer más o menos eficiente un puerto (la existencia de grúas pórtico y móviles). También se trata de cuantificar la eficiencia técnica de cada uno de los 23 puertos analizados entre 2008 a 2017.

El artículo se divide en seis partes; la primera, esta introducción; en la segunda se realiza una revisión de los antecedentes sobre los análisis de eficiencia portuaria a través del análisis de frontera estocástica; en la tercera, se presentan la metodología y el modelo utilizado; en la cuarta, se recogen los resultados; y por último, conclusiones y bibliografía.

PALABRAS CLAVE

**Eficiencia Técnica;
Gobernanza
Portuaria;
Comercio
Marítimo;
Frontera
Estocástica.**

KEY WORDS

Technical
Efficiency; Port
Governance;
Maritime Trade;
Stochastic Frontier.

PALAVRAS-CHAVE

**Eficiência Técnica;
Governança
Portuária;
Comércio
Marítimo;
Fronreira
Estocástica**

**CODIGOS JEL:
M11, N76, R42**

2. Antecedentes

Roll y Hayuth (1993) llevan a cabo las primeras investigaciones sobre eficiencia portuaria bajo el análisis envolvente de datos, donde exponen la aplicación de este método para el cálculo de los factores que determinan la eficiencia, a través de técnicas de programación matemática; Liu (1995) investiga la hipótesis que trata de demostrar es que la propiedad privada es más eficiente que la empresa pública debido a la teoría de principal-agente; Tongzon (1995) analiza los factores que determinan la eficiencia para 23 puertos internacionales, centrándose en la eficiencia de las terminales; Millington (1998) realiza un análisis de frontera estocástica de coste en doce terminales de carbón en Australia demostrando que uso de la mano de obra aumenta con el tiempo, pero que la calidad del servicio puede mejorar sin aumentar la mano de obra; Coto-Millán *et al.* (2000), analizan la eficiencia en los puertos españoles durante el periodo 1985-1995, los resultados apuntan a que un aumento en la autonomía administrativa supone una mejora de eficiencia; Estache *et al.* (2002), tratan en su investigación las ganancias de eficiencia a través de las reformas portuarias para los puertos mexicanos en el periodo de 1996 a 1999, donde demuestra que los índices de eficiencia portuaria mejoran con la privatización de los servicios y no con las infraestructuras; Cullinane *et al.* (2002), estudian la eficiencia de las terminales portuarias en Asia en el periodo 1989 a 1998, y demuestran que el nivel de regulación del sistema portuario presenta efectos sobre la eficiencia portuaria. También reconocen que existen otras variables relevantes y que un alto grado de privatización y/o desregulación, está estrechamente relacionado con una mejora de la eficiencia productiva; Tongzon y Heng (2005), analizan los factores que hacen que las terminales portuarias conserven su ventaja competitiva concluyendo que un porcentaje de privatización mejora la eficiencia portuaria, pero no la privatización total; González y Trujillo (2008), investigan la situación en nueve puertos españoles y los resultados muestran la capacidad de las autoridades portuarias para captar tráfico y la dificultad que tienen para ajustar los insumos. También reflejan los efectos positivos de las reformas legislativas y el avance de la tecnología, y plantean reformas de liberalización del mercado que se propone desde la Unión Europea.

El tema ha evolucionado hacia el estudio de aspectos como la desregulación de la estiba (Díaz *et al.*, 2008), los factores que convierten a un puerto en competitivo (Martagan *et al.*, 2009), los avances tecnológicos (Kim y Sachish, 1986), los efectos de la crisis financiera (Wilmsmeier *et al.*, 2013), el análisis de eficiencia entorno a factores medioambientales, como la contaminación del aire, incorporando el concepto de eficiencia medioambiental (Liu y Lim, 2017) y otros factores indirectamente relacionados con la eficiencia en las terminales portuarias como los accidentes de barcos en los puertos (Paul y MacDonald, 2017).

Actualmente, también se ha profundizado en el estudio de la eficiencia en otros puntos de la cadena logística como es el caso de la navegación interior (Wiegmans y Witte, 2017), el ferrocarril (Andrade y Stow, 2017), así como la legislación específica que regula otros modos de transporte, en particular cabe destacar la investigación de Smith *et al.* (2018) sobre la regulación de la Unión Europea en materia de transporte ferroviario.

El análisis de fronteras estocásticas y el análisis envolvente de datos se han utilizado, predominantemente, como principales metodologías de los estudios de eficiencia, sin embargo, aplicados al mismo conjunto de datos las conclusiones tienden a ser distintas (Serebrisky *et al.*, 2016; Suárez-Alemán *et al.*, 2016). La diferencia principal entre ambos es que SFA es un método paramétrico, mientras que, el DEA es un método no paramétrico. Además, el método DEA se ha utilizado por su capacidad de contener múltiples inputs y outputs, y porque no es necesario especificar la función de producción, se emplea cuando en

la muestra existen datos imprecisos o incompletos (Zahran *et al.*, 2017). Sin embargo, Cullinane y Wang (2006) concluyen que el enfoque funcional (SFA), por lo general, realiza una mejor estimación de la eficiencia que el DEA, sobre todo cuando la estimación es específica y se utilizan datos panel.

En el presente artículo daremos respuesta a los siguientes objetivos de investigación:

1. Calcular el efecto de las variables exógenas, como son el sistema de gobernanza y la política de apertura comercial.
2. Determinar si la existencia de grúas pórtico y móviles son factores determinantes de eficiencia.
3. Cuantificar el nivel de eficiencia técnica promedio de la Costa Oeste de Latinoamérica y de cada uno de los puertos.
4. Determinar cuál es el puerto con mayor nivel de eficiencia técnica.

3. Metodología

3.1. Análisis de frontera estocástica

El análisis de frontera estocástica (SFA), es una aproximación paramétrica para estimar la eficiencia técnica, en el caso que se especifique la función de producción. Este método calcula la ineficiencia económica de los agentes basados en suposiciones de distribución por lo que diferentes personas pueden tener diferentes eficiencias.

La función de producción de frontera estocástica se ha formulado de forma independiente en las investigaciones de Aigner *et al.* (1977) y Meeusen y Van Den Broeck (1977); a partir de estas investigaciones se ha profundizado en la aplicación de diferentes modelos.

Battese y Coelli (1995) formulan un análisis de frontera estocástica, donde existen factores exógenos en la función de distribución de ineficiencia y construyen un modelo de frontera estocástica con datos panel. Este modelo tiene en cuenta, simultáneamente, factores endógenos (x) y exógenos (z). Battese y Coelli, (1995), parten de la función de producción de frontera estocástica de datos de panel:

$$Y_{it} = \exp(x_{it} \beta + V_{it} + U_{it})$$

- Y_{it} indica la producción para la firma i -ésima ($i = 1, 2, \dots, N$) en la observación t -ésima ($t = 1, 2, \dots, T$);
- x_{it} es un vector ($1 \cdot k$) de los valores de las funciones conocidas de los inputs de producción y otras variables explicativas asociadas con la empresa i -ésima ($i = 1, 2, \dots, N$) en la observación t -ésima ($t = 1, 2, \dots, T$);
- β es un vector de parámetros desconocidos a estimar ($k \cdot 1$);
- V_{it} es una variable de error aleatoria que se distribuye independiente e idénticamente como $N(0, \sigma_v^2)$, e independiente a U_{it} ;
- U_{it} son variables aleatorias no negativas, asociadas a la ineficiencia técnica de la producción, que

se suponen estar distribuidas de forma independiente, tal que U_{it} , se obtiene por truncamiento (a cero) de la distribución normal con media, $z_{it}\delta$, y varianza σ_u^2 ; z_{it} , es un vector ($1 \cdot m$) de las variables explicativas asociada a la ineficiencia técnica de la producción a lo largo del tiempo; y δ es un vector ($m \cdot 1$) de coeficientes desconocidos.

- σ_v^2 es la varianza del término de ruido;
- σ_u^2 es la varianza del término de ineficiencia;
- σ^2 es la varianza del término de error.

En la ecuación anterior se especifica la función de producción de frontera estocástica en términos de los valores de producción originales. Sin embargo, los efectos de la ineficiencia técnicas son:

- U_{it} , se supone que es una función de un conjunto de variables explicativas;
- z_{it} , es un vector desconocido de coeficientes δ .

Las variables explicativas de la ineficiencia del modelo pueden incluir algunas variables de entrada en la frontera estocástica, y los efectos previstos de la ineficiencia son estocásticos. Si la primera variable z tiene el valor uno y todas las demás variables z son cero, entonces este caso representa el modelo especificado por Stevenson (1980) y Battese y Coelli (1988, 1992). Si todos los elementos del vector δ son iguales a cero, entonces los efectos de ineficiencia técnica no están relacionados con las variables z , por lo que se obtiene la distribución media normal especificada originalmente en Aigner, et al. (1977).

El efecto de la ineficiencia técnica U_{it} en el modelo de frontera estocástica podría especificarse por:

$$U_{it} = z_{it} \delta + w_{it}$$

Donde la variable aleatoria, w_{it} , se define por el truncamiento de la distribución normal con media cero y varianza σ_w^2 , de manera que el punto de truncamiento es $z_{it} \delta$, es decir, $w_{it} > z_{it} \delta$. Estos supuestos son consistentes con U_{it} , siendo un truncamiento no negativo de distribución $N(z_{it} \delta, \sigma_u^2)$. El efecto de la ineficiencia técnica de la función de producción difiere de la planteada por Reifschneider y Stevenson (1991) en donde las variables w_{it} no están idénticamente distribuidas ni son de las que requieren ser no negativo. A la media $z_{it} \delta$, de la distribución normal, que está truncada en cero para obtener la distribución de U_{it} , no se exige que sea positiva para cada observación, como en Reifschneider y Stevenson (1991).

Se propone el método de máxima-verosimilitud para la estimación simultánea de los parámetros de la frontera estocástica del modelo para los efectos de la ineficiencia técnica (Battese y Coelli, 1995).

La función de probabilidad se expresa en términos de los parámetros de la varianza:

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$$

Donde:

$$\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$$

La eficiencia técnica de producción para el puerto i -ésimo en el momento t -ésimo se define por la ecuación:

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it} \delta - W_{it})$$

La predicción de la eficiencia técnica se basa en la expectativa condicional, dado los supuestos del modelo.

3.2. Descripción de las variables

En el **cuadro 1** se muestran las características principales de las variables que se utilizan en la función de producción del análisis de frontera estocástica y se muestra una revisión bibliográfica. Con la información disponible se observa que hasta la fecha no se había realizado ninguna investigación con análisis de frontera estocástica donde se considerasen la totalidad de estas variables.

Cuadro 1. Variables utilizadas en el análisis.

Tipo	Variable	Expresado	Revisión bibliográfica
Output	Movimiento contenedores	TEUs	Sun <i>et al.</i> , 2006; Tongzon y Heng, 2005; Cullinane y Song, 2003; Cullinane <i>et al.</i> , 2002; Estache <i>et al.</i> , 2002; Notteboom <i>et al.</i> , 2000; Coto-Millan <i>et al.</i> , 2000; Liu, 1995
Input	Frecuencia de escalas	Unidades	Steven y Corsi 2012; Imai <i>et al.</i> , 2007
Input	Grúas Pórtico	Unidades	Serebrisky <i>et al.</i> , 2016; Liu, 2010; Sun <i>et al.</i> , 2006; Tongzon y Heng, 2005; Cullinane <i>et al.</i> , 2002; Notteboom <i>et al.</i> , 2000
Input	Grúas móviles	Unidades	Serebrisky <i>et al.</i> , 2016
Exógeno	Sistemas de Gobernanza	Dummy	González y Trujillo, 2008; Tongzon y Heng, 2005; Cullinane <i>et al.</i> , 2002; Estache <i>et al.</i> , 2002; Coto-Millán <i>et al.</i> , 2000
Exógeno	Política comercial	Dummy	

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, en los últimos años han proliferado trabajos que redundan en la importancia de las distintas variables de forma individualizada, como es el caso de la mercancía contenerizada (Nguyen *et al.*, 2017; Wiegmans y Witte, 2017; Serebrisky *et al.*, 2016; Suárez-Alemán, 2016), la frecuencia de escalas (Jahn y Scheidweiler, 2018; Karsten *et al.*, 2017), la existencia de grúas para la operativa de manejo de mercancía contenerizada (Wiegmans y Witte, 2017; Serebrisky *et al.*, 2016) y el análisis pormenorizado de los diferentes sistemas de gobernanza portuaria en diferentes países (Van de Voorde y Verhoeven, 2017; Notteboom y Yang, 2017; Wilmsmeier y Sánchez, 2017; Castillo-Manzano *et al.*, 2017; Nguyen *et al.*, 2017; Monios, 2017; Caldeirinha *et al.*, 2017)

En esta investigación la muestra se compone de 23 puertos ubicados en la Costa Oeste de Latinoamérica, distribuidos en 10 países, el análisis se realiza entre 2008 a 2017 con un total de 200 observaciones. En el **cuadro 2** se recoge el volumen de contenedores (output), expresado en miles de TEUs de cada puerto. Los puertos que superan el millón de TEUs en algún año son: Balboa (Panamá), Callao (Perú), Guayaquil (Ecuador), Lázaro Cárdenas (México), Manzanillo (México), San Antonio (Chile) y Valparaíso (Chile).

Cuadro 2. Volumen de mercancía contenerizada en los puertos analizados (miles de TEUs)

<i>Puerto</i>	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
Acajutla (El Salvador)	157	127	147	161	161	181	179	191	202	205
Antofagasta (Chile)	77	90	104	81	88	101	82	77	87	86
Arica (Chile)	117	110	131	170	182	204	218	227	225	259
Balboa (Panamá)	2,168	2,012	2,759	3,232	3,304	3,187	3,468	3,294	2,990	3,644
Buenaventura (Colombia)	743	647	663	748	850	851	855	912	865	940
Caldera (Costa Rica)	170	128	155	168	184	193	209	235	264	259
Callao (Perú)	1,203	1,090	1,346	1,616	1,818	1,856	1,992	1,900	2,055	2,267
Corinto (Nicaragua)	59	56	65	80	89	92	110	138	150	153
Coronel (Chile)	100	118	139	171	168	394	522	471	433	583
Ensenada (México)	110	111	136	133	140	131	140	193	192	191
Esmeraldas (Ecuador)	55	44	62	67	87	78	102	59	23	65
Guayaquil (Ecuador)	875	884	1,123	1,406	1,449	1,519	1,621	1,705	1,822	1,991
Iquique (Chile)	334	226	265	249	245	245	241	227	272	231
Lázaro Cárdenas (México)	525	591	796	953	1,243	1,051	997	1,069	1,115	1,285
Lirquén (Chile)	231	207	232	315	144	126	106	165	264	163
Manzanillo (México)	1,410	1,110	1,511	1,763	1,992	2,118	2,355	2,458	2,581	2,820
Matarani (Perú)	20	20	18	22	16	15	21	20	18	18
Mejillones (Chile)	97	115	129	158	134	149	167	223	180	211
Paita (Perú)	139	114	127	154	171	170	205	214	219	234
Puerto Quetzal (Guatemala)	280	219	265	350	325	323	358	389	427	431
San Antonio (Chile)	688	729	871	928	1,069	1,197	1,094	1,170	1,288	1,373
San Vicente (Chile)	605	494	364	426	585	453	475	456	463	444
Valparaíso (Chile)	947	677	879	973	943	911	1,010	903	884	955

Fuente: datos CEPAL (2017), elaboración propia

*valores estimados

En el **cuadro 3** se muestra la media y la desviación típica de las variables utilizadas en el análisis: frecuencia de escalas, grúas pórtico y grúas móviles como inputs y sistemas de gobernanza y tratados como exógenas.

En lo referente a la frecuencia de escalas, los puertos con mayor valor promedio son Balboa (Panamá), Manzanillo (México) y Callao (Perú), mientras que los que presentan los valores promedio más bajos son Matarani (Perú), Esmeraldas (Ecuador) y Corinto (Nicaragua).

Atendiendo a la variable de grúas, se observa que los puertos que cuentan con alguna grúa pórtico son 11, pero solo en los puertos de Balboa (Panamá), Lázaro Cárdenas (México), Buenaventura (Colombia), Callao (Perú) y San Antonio (Chile) el número promedio de estas grúas es superior a 5. Por lo que respecta a las grúas móviles los puertos que disponen de ellas son 15, siendo el puerto de San Vicente (Chile) el único en superar el valor promedio de 5.

Las variables exógenas (gobernanza y tratados), se construyen como variables dummy o binarias. En lo referente a los sistemas de gobernanza portuaria se otorga el valor 1 a aquellos puertos que han sido adjudicados bajo concesión de explotación a operadores privados (*landlord*) y 0 en caso contrario (*service o toolport*). Los puertos que en la actualidad no se encuentran en un modelo *landlord* son Acajutla (El Salvador), Corinto (Nicaragua) y Esmeraldas (Ecuador).

Por último, la variable tratados hace referencia a la apertura comercial del país, y por tanto, toma el valor 1 cuando el país ha ratificado Tratados de Libre Comercio con alguna economía asiática o forma parte de un acuerdo comercial de carácter aperturista y 0 en caso contrario. Los países en los que esta variable toma valor cero son Costa Rica, Ecuador, El Salvador y Guatemala.

Cuadro 3. Media y desviación típica de las variables utilizadas en el análisis en los 23 puertos (2008-2017)

	Frecuencia escalas		G. Pórtico		G. Móviles		Gobernanza		Tratados	
	$E[x_j]$	σ	$E[x_j]$	σ	$E[x_j]$	σ	$E[x_j]$	σ	$E[x_j]$	σ
Acajutla (El Salvador)	60.38	29.88	0	0	0	0	0	0	0	0
Antofagasta (Chile)	77.35	9.05	0	0	2.9	0.32	1	0	1	0
Arica (Chile)	80.07	34.58	0	0	2.9	0.88	1	0	1	0
Balboa (Panamá)	992.52	147.73	22.9	2.85	0	0	1	0	1	0
Buenaventura (Colombia)	239.55	64.84	8.4	2.07	3.3	0.48	1	0	0.7	0.48
Caldera (Costa Rica)	75.79	15.72	0	0	0.4	0.52	1	0	0	0
Callao (Perú)	423.46	67.14	7.9	3.84	4.3	0.48	0.8	0.42	0.8	0.42
Corinto (Nicaragua)	42.73	12.17	0	0	0	0	0	0	0.8	0.42
Coronel (Chile)	82.95	53.14	1.8	0.63	2.4	1.26	1	0	1	0
Ensenada (México)	101.20	21.16	1.8	0.92	0	0	1	0	1	0
Esmeraldas (Ecuador)	31.27	12.67	0	0	0	0	0	0	0	0
Guayaquil (Ecuador)	385.80	61.76	4.2	1.23	3	0	1	0	0	0
Iquique (chile)	149.69	24.00	0	0	3.6	0.7	1	0	1	0
Lázaro Cárdenas (México)	357.04	181.48	8.7	5.70	0	0	1	0	1	0
Lirquén (Chile)	49.16	25.89	0	0	4.4	1.90	1	0	1	0
Manzanillo (México)	711.89	158.81	4.8	1.03	1.8	0.63	1	0	1	0
Matarani (Perú)	16.58	8.07	0	0	1.7	0.48	1	0	0.8	0.42
Mejillones (Chile)	100.70	24.76	0	0	3.7	1.34	1	0	1	0
Paita (Perú)	73.96	32.61	0.5	0.53	0	0	1	0	0.8	0.42
Puerto Quetzal (Guatemala)	83.33	62.35	0	0	0.8	0.42	0.8	0.42	0	0
San Antonio (Chile)	260.12	65.10	5	2.54	0	0	1	0	1	0
San Vicente (Chile)	103.60	16.79	0	0	8.2	1.03	1	0	1	0
Valparaíso (Chile)	205.74	51.56	4.9	0.32	1.9	0.32	1	0	1	0

Fuente: elaboración propia

3.3. Modelo Econométrico

La forma funcional que se utiliza es la función translogarítmica porque se puede considerar como la forma funcional consolidada en eficiencia portuaria. La especificación de la ecuación de producción es:

$$LT_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot LFE_{it} + \beta_2 \cdot LG1_{it} + \beta_3 \cdot LG2_{it} + \beta_4 \cdot [LFE_{it}]^2 + \beta_5 \cdot [LG1_{it}]^2 + \beta_6 \cdot [LG2_{it}]^2 + \beta_7 \cdot LFE_{it} \cdot LG1_{it} + \beta_8 \cdot LFE_{it} \cdot LG2_{it} + \beta_9 \cdot LG1_{it} \cdot LG2_{it} + \beta_{10} \cdot \text{Gobernanza} + \beta_{11} \cdot \text{Tratados} + \beta_{12} \cdot \text{tendencia} + v_{it} + u_{it}$$

Donde:

- LT_{it} : logaritmo natural del volumen de contenedores en unidades de TEUs en el puerto i -ésimo en el año t -ésimo (CEPAL, 2017);
- LFE_{it} : logaritmo natural de la frecuencia de escalas realizadas por los buques en el puerto i -ésimo en el año t -ésimo (AIS, 2017);
- $LG1_{it}$: logaritmo natural del número de grúas pórtico en el puerto i -ésimo en el año t -ésimo;
- $LG2_{it}$: logaritmo natural del número de grúas móviles en el puerto i -ésimo en el año t -ésimo;
- **Gobernanza**: variable dummy, toma valor 1 desde el año en que se adjudica la concesión de explotación a una empresa privada de portacontenedores y 0 en caso contrario, en el puerto i -ésimo en el año t -ésimo;
- **Tratados**: variable dummy, que toma valor 1 cuando existe un acuerdo regional de carácter aperturista y cuando el país ha ratificado un Tratado de Libre Comercio con algún país asiático en el puerto i -ésimo en el año t -ésimo;
- **Tendencia**: variable tendencia;
- i : cada uno de los puertos analizados;
- t : desde 2008 a 2017;
- v_{it} es el término de error aleatorio independiente de u_{it} , que es una variable aleatoria que sigue una distribución truncada normal asociada a la ineficiencia técnica.

La función de producción en forma translogarítmica, supone que los factores de producción han de introducirse en forma logarítmica. En el caso de las Grúas1 y Grúas2 es necesario realizar una conversión de variables, pues en algunos puertos toman el valor 0. Se utiliza la metodología propuesta por Battese (1997) y Serebrisky *et al.* (2016) donde las variables se transforman:

$$Gr1 = \text{Max}(G1, DG1) \text{ donde } DG1 = 1, \text{ si } G1 = 0 \text{ y } DG1 = 0 \text{ si } G1 > 0$$

$$Gr2 = \text{Max}(G2, DG2) \text{ donde } DG2 = 1, \text{ si } G2 = 0 \text{ y } DG2 = 0 \text{ si } G2 > 0$$

Por otra parte, el número de grúas pórtico y móviles se tienen en cuenta en la función de producción, como variables equivalentes a la fuerza laboral. Pero, la existencia o no de este tipo de grúas se estudia como factor determinante de la ineficiencia en los puertos.

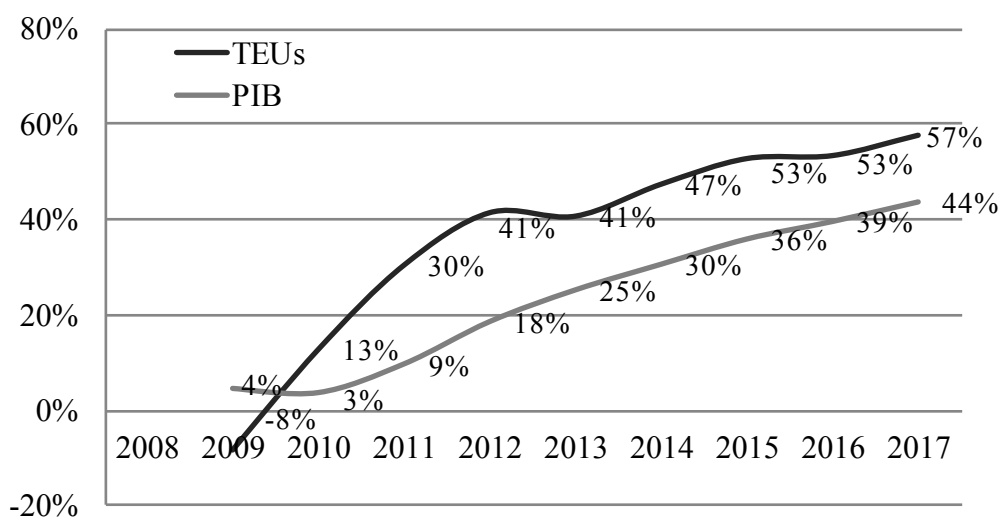
$$u_{it} = \delta_1 \cdot dgruas1 + \delta_2 \cdot dgruas2 + w_{it}$$

La estimación se realiza con una función Translog(1) donde se incluye el análisis de los factores de ineficiencia y la Translog(2) donde se excluyen estos factores. El propósito de realizar dos estimaciones es comprobar la robustez del análisis, comparando las diferencias entre los errores estándar obtenidos.

4. Resultados

La literatura económica afirma que existe una relación positiva entre el comercio marítimo y el crecimiento de los países. En el gráfico 1 se observa el crecimiento en volumen de TEUs manipulados en los 23 puertos analizados, tomando como referencia el año 2008, asimismo, se estudia el crecimiento del PIB per cápita en Poder de Paridad Adquisitivo (dólares constantes de 2011) en los 10 países donde se ubican los puertos considerados. Con la información disponible se observa que ambas magnitudes han experimentado un crecimiento entre 2008 a 2017, siendo más elevado el de la mercancía contenerizada.

Gráfico 1. Evolución del volumen de TEUs y el PIB per cápita (2008=año base)



Fuente: datos CEPAL(2017), World Bank(2017); elaboración propia

En **cuadro 4** se muestran los resultados de la estimación del análisis de frontera estocástica.

Al estimar las ecuaciones Translog (1) y Translog (2) se observa que los errores estándar de los coeficientes no presentan grandes diferencias entre ellos, por lo que se puede concluir que el análisis realizado es robusto. Dado que los resultados de los coeficientes son muy similares, se decide centrar el análisis en Tranlog(1) que incluye los factores determinantes de ineficiencia.

Los resultados de calcular la frontera estocástica en la función de producción muestran que la variable frecuencia de escalas de los buques es significativa y con signo positivo. Esto quiere decir que el incremento de una escala de los buques, *ceteris paribus*, supone un aumento en los TEUs del 1.41%. Este resultado indica que los puertos se benefician del fenómeno de gigantismo de la flota de portacontenedores, donde el incremento de una escala supone un impacto mayor en el volumen de mercancía manipulada en el puerto.

El número de grúas pórtico no se muestra significativa, no obstante, es importante matizar que de los veintitrés puertos que forman la muestra solo en los puertos de Balboa (Panamá), Lázaro Cárdenas

(México), Buenaventura (Colombia), Callao (Perú) y San Antonio (Chile) el número promedio de estas grúas es superior a 5 en alguno de los años del periodo analizado y trece puertos no tienen ninguna grúa de estas características.

Cuadro 4. Estimación frontera estocástica.

$LT_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot LFE_{it} + \beta_2 \cdot LG1_{it} + \beta_3 \cdot LG2_{it} + \beta_4 \cdot [LFE_{it}]^2 + \beta_5 \cdot [LG1_{it}]^2 + \beta_6 \cdot [LG2_{it}]^2 + \beta_7 \cdot LFE_{it} \cdot LG1_{it} + \beta_8 \cdot LFE_{it} \cdot LG2_{it} + \beta_9 \cdot LG1_{it} \cdot LG2_{it} + \beta_{10} \cdot \text{Gobernanza} + \beta_{11} \cdot \text{Tratados} + \beta_{12} \cdot \text{tendencia} + v_{it} + u_{it}$			
		<i>Translog (1)</i>	<i>Translog (2)</i>
	β_0	8.4355*	8.36047*
	Std. Err	.6079053	.5816897
LFE	β_1	1.413777*	1.386058*
	Std. Err	.3079582	.3045178
LGr1	β_2	-.2415967	-.0390498
	Std. Err	.4389101	.4488621
LGr2	β_3	-1.380891*	-1.355799*
	Std. Err	.4458048	.4148273
LFE2	β_4	-.1154335*	-.1065235*
	Std. Err	.0408223	.0411643
LGr12	β_5	-.3940036*	-.4011416*
	Std. Err	.0745348	.0788282
LGr22	β_6	.4026866*	.444978*
	Std. Err	.0768857	.0749904
LFE•LGr1	β_7	.3208888*	.2875668*
	Std. Err	.108313	.1118495
LFE•LGr2	β_8	.1908807*	.163429
	Std. Err	.0960721	.0931325**
LGr1•LGr2	β_9	-.1663969*	-.1390836
	Std. Err	.0860721	.0902446
Gobernanza	β_{10}	.1911501**	.1881019**
	Std. Err	.1058445	.1040677
Tratados	β_{11}	-.1233581	-.0937696
	Std. Err	.0752933	.077531
tendencia	β_{11}	-.0123903	-.0124673
	Std. Err	.0101196	.0104704
dgruas1	δ_1	-.4697532*	
	Std. Err	.2174614	

<i>dgruas2</i>	δ_2	-0.0065097	
	Std. Err	.2288446	
		5.305412	5.556781
	σ^2_u		
	Std. Err		4.600488
		.2237274*	.2370593*
	σ^2_v		
	Std. Err	.0323014	.0305034
Log Likelihood		-100.2382	-102.6460
Wald Chi ²		1261.29	1577.93
Prob>Chi ²		0.0000	0.0000
Observaciones		200	200
Nº de puertos		23	23

Fuente: elaboración propia. Cálculos realizados en STATA 13.

*p<0.05, **p<0.10

Las grúas móviles se muestran como variable significativa, pero con signo negativo, esto puede deberse a que este tipo de grúas existen en aquellos puertos que mueven poco volumen de mercancías y donde las infraestructuras portuarias son todavía de reciente construcción y no se han realizado inversiones en superestructuras.

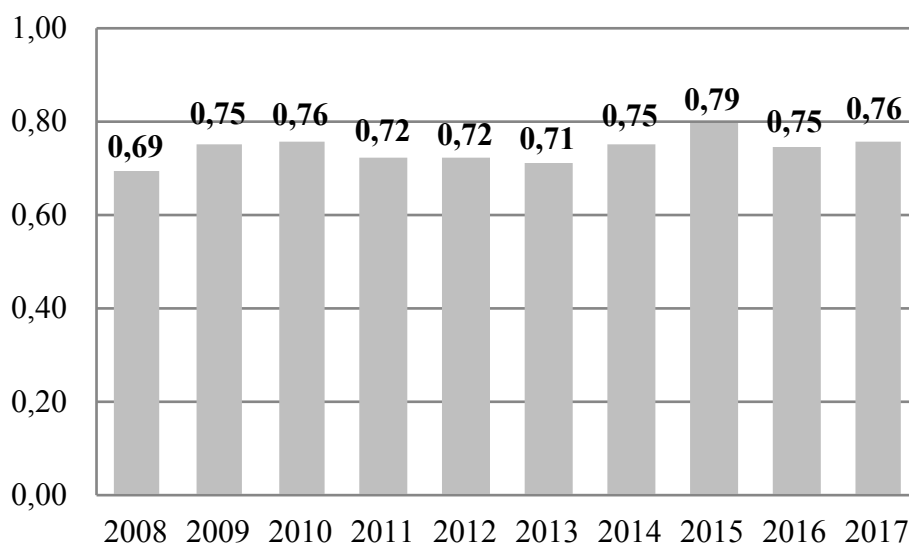
La existencia del modelo *landlord* supone un incremento en la variable TEUs de un 0.1911%. Esta información muestra que el proceso de modernización presenta beneficios en el movimiento de mercancía contenerizada, es decir, la articulación del sistema de concesiones de explotación a operadores privados que, al mismo tiempo, genera inversiones en los puertos, también propicia el aumento en el volumen de TEUs. Sin embargo, el impacto es pequeño y es necesario continuar el proceso de modernización de los sistemas de gobernanza portuaria en Latinoamérica.

Como posibles determinantes de la ineficiencia en el modelo se incorporan las variables grúas pósito (*dgruas1*) y grúas móviles (*dgruas2*). La existencia de *dgruas1* se muestra significativa y con signo negativo, lo que implica que este tipo de grúas reducen la ineficiencia en los puertos, mientras que *dgruas2* no se muestra significativa.

En relación a la desviación estándar de los parámetros de los términos de error, u_{it} (de la ineficiencia) y v_{it} (error aleatorio), se obtiene el valor de γ que es igual a 0.9595, que permite afirmar que la desviación se debe a la ineficiencia técnica. En definitiva, la diferencia entre la producción real y la óptima utilización de los factores reside en las diferentes eficiencias de los puertos.

En lo relativo a los valores de eficiencia técnica esta adopta valores entre 0 y 1. El 0 significa la menor eficiencia y el valor 1 la mayor. El **gráfico 2** muestra los valores promedios de la eficiencia técnica en los puertos en el periodo considerado. Con la información disponible se observa que la eficiencia ha mejorado desde el año 2008; aumentando en 2009 y 2010, pero reduciéndose entre 2011 a 2013. No obstante, en 2014 de nuevo vuelve a la senda de crecimiento y alcanza el valor de 0.75 y 0.79 en 2015, para disminuir en 2016 a 0.75 y alcanzar un valor de 0.76 en 2017.

Gráfico 2. Evolución del valor promedio de la eficiencia técnica en los puertos.



Fuente: elaboración propia. Cálculos realizados en STATA 13

En el **cuadro 5** se muestra el valor promedio de la eficiencia técnica en cada puerto entre 2008 y 2017. Con la información disponible se observa que los valores más altos corresponden a Puerto Quetzal en Guatemala (0.9025), Acajutla en El Salvador (0.8498) y Balboa en Panamá (0.8475), mientras que los puertos de Matarani en Perú (0.4006), Ensenada en México (0.4234) y Antofagasta en Chile (0.5141) son los que presentan los valores de eficiencia técnica más bajos.

Cuadro 5. Promedio de la eficiencia técnica en cada puerto (años 2008-2017)

Nº	Puerto	ET
1	Puerto Quetzal (Guatemala)	0.9025
2	Acajutla (El Salvador)	0.8498
3	Balboa (Panamá)	0.8475
4	Arica (Chile)	0.8458
5	Valparaíso (Chile)	0.8446
6	Lirquén (Chile)	0.8429
7	Manzanillo (México)	0.8296
8	San Vicente (Chile)	0.8253
9	Callao (Perú)	0.8209
10	Guayaquil (Ecuador)	0.8056
11	Iquique (Chile)	0.7789

12	Paíta (Perú)	0.7776
13	Caldera (Costa Rica)	0.776
14	San Antonio (Chile)	0.7689
15	Buenaventura (Colombia)	0.7563
16	Coronel (Chile)	0.7286
17	Corinto (Nicaragua)	0.6736
18	Lázaro Cárdenas (México)	0.6698
19	Esmeraldas (Ecuador)	0.6576
20	Mejillones (Chile)	0.6528
21	Antofagasta (Chile)	0.5141
22	Ensenada (México)	0.4234
23	Matarani (Perú)	0.4006

Fuente: elaboración propia. Cálculos realizados en STATA 13

5. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes obtenidas al estimar el modelo de frontera estocástica con datos de panel son la robustez del modelo y el los resultados de los objetivos planteados.

En primer lugar, se calcula el efecto de las variables exógenas, donde la gobernanza portuaria se muestra significativa mientras que, la política comercial de carácter aperturista no. Así, el modelo *landlord* presenta un efecto en el volumen de TEUs del 0.19%. Este impacto es débil y las autoridades de política pública han de continuar con el proceso de modernización del sistema portuario, estableciendo el marco legislativo necesario para fomentar las inversiones de capital privado en infraestructura de los puertos.

En segundo lugar, se analizan los determinantes de eficiencia en los puertos, donde se observa la existencia de grúas pórtico se muestra significativa y con signo negativo, esto significa que se reduce la ineficiencia. Sin embargo, se puede afirmar que, en la actualidad, no se cuenta con la cantidad de grúas pórtico necesarias en cada puerto, como se observa en la función de producción. En este sentido, serán las autoridades portuarias las que deben realizar una planificación en la gestión de las terminales considerando las características de las infraestructuras necesarias.

En tercer lugar, se cuantifica el nivel de eficiencia técnica promedio en el área geográfica de la Costa Oeste de Latinoamérica. Los resultados muestran valores elevados que oscilando entre 0.69 y 0.79 en el periodo 2008 a 2017.

Por último, se analiza el valor de la eficiencia técnica de cada puerto, y se observa que los que mueven un mayor volumen de mercancía contenerizada no son los que tienen un mayor nivel de eficiencia técnica.

En el periodo analizado el Puerto de Quetzal (Guatemala) es el que presenta el valor más alto de eficiencia técnica con un 0.9025.

Referencias

- Abdel-Rahman, E. M.; Nayfeh, A. H.; Masoud, Z. N. (2003), "Dynamics and control of cranes: A review", *Modal Analysis*, Vol. 9, Nº 7, pp. 863-908.
- Aigner, D.; Lovell, C. K.; Schmidt, P. (1977). "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, Vol. 6, Nº 1, pp. 21-37.
- AIS (2017), *Database Maritime Portal*. Disponible: <http://maritime.ibs.com/>
- Andrade, A. R.; Stow, J. (2017), "Assessing the efficiency of maintenance operators: a case study of turning railway wheelsets on an under-floor wheel lathe", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, Vol. 231, Nº 2, pp. 155-163.
- Battese, G. E. (1997), "A note on the estimation of Cobb-Douglas production functions when some explanatory variables have zero values", *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 48, Nº 1-3, pp. 250-252.
- Battese, G. E.; Coelli, T. J. (1988), "Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data", *Journal of Econometrics*, Vol. 38, Nº 3, pp. 387-399.
- Battese, G. E.; Coelli, T. J. (1992), "Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India", *Australia: Department of Econometrics*.
- Battese, G. E.; Coelli, T. J. (1995), "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data", *Empirical Economics*, Vol. 20, Nº 2, pp. 325-332.
- Branch, A. (1998), "Maritime Economic, Management & Marketing", Londres: Stanley Thornes Ltd.
- Caldeirinha, V.; Felício, J. A.; Da Cunha, S. F. (2017), "Government policies and Portuguese port governance in the period from 2005 to 2015", *Research in Transportation Business & Management*, Vol. 22, pp. 11-20.
- Castillo-Manzano, J. I.; Castro-Nuño, M.; González-Laxe, F.; Pedregal, D. J. (2017), "Legal reform and the devolution of the Spanish Port System: An econometric assessment", *Utilities Policy*, Vol. 50, pp. 73-82.
- CEPAL (2014), "Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe 2014", Santiago de Chile: United Nations Publications.
- CEPAL (2017). *Perfil Marítimo y Logístico*. Disponible: <http://bit.ly/2fV5bzS>
- Coto-Millán, P.; Banos-Pino, J.; Rodríguez-Alvarez, A. (2000), "Economic efficiency in Spanish ports: some empirical evidence", *Maritime Policy and Management*, Vol. 27, Nº 2, pp. 169-174.
- Cullinane, K. P.; Wang, T. F. (2006), "The efficiency of European container ports: a cross-sectional data envelopment analysis", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 9, Nº 1, pp. 19-31.
- Cullinane, K.; Song, D. W. (2003), "A stochastic frontier model of the productive efficiency of Korean container terminals", *Applied Economics*, Vol. 35, Nº 3, pp. 251-267.

- Cullinane, K.; Song, D. W.; Gray, R. (2002), "A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: assessing the influence of administrative and ownership structures", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 36, N° 8, pp. 743-762.
- Díaz Hernández, J. J.; Martínez Budría, E.; Jara Díaz, S. (2008), "Productivity in cargo handling in Spanish ports during a period of regulatory reforms", *Networks and Spatial Economics*, Vol. 8, N° 2-3, pp. 287-295.
- Estache, A.; González, M.; Trujillo, L. (2002), "Efficiency gains from port reform and the potential for yardstick competition: lessons from Mexico", *World Development*, vol. 30, n° 4, pp. 545-560.
- Freire, M. J.; González-Laxe, F. (2009), "Tráfico Marítimo y economía global", *A Coruña: Netbiblo*.
- González, M. M. (2004), "Eficiencia en la provisión de servicios de infraestructura portuaria: Una aplicación al tráfico de contenedores en España", Tesis doctoral Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- González, M. M.; Trujillo, L. (2009), "Efficiency measurement in the port industry: A survey of the empirical evidence", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 43, N° 2, pp. 157-192.
- Gutiérrez, E.; Lozano, S.; Furió, S. (2014), "Evaluating efficiency of international container shipping lines: A bootstrap DEA approach", *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 16, N° 1, pp. 55-71.
- Imai, A.; Nishimura, E.; Hattori, M.; Papadimitriou, S. (2007), "Berth allocation at indented berths for mega-containerships", *European Journal of Operational Research*, Vol. 179, N° 2, pp. 579-593.
- Jahn, C.; Scheidweiler, T. (2018, In Press), "Port Call Optimization by Estimating Ships' Time of Arrival", In *International Conference on Dynamics in Logistics* pp. 172-177. Springer, Cham.
- Karsten, C. V.; Brouer, B. D.; Pisinger, D. (2017), "Competitive liner shipping network design", *Computers & Operations Research*, Vol. 87, pp. 125-136.
- Kim, M.; Sachish, A. (1986), "The structure of production, technical change and productivity in a port", *Journal of Industrial Economics*, Vol. 35, N°2, pp. 209-223.
- Liu, Q. (2010), "Efficiency analysis of container ports and terminals", *Doctoral dissertation, University College London*.
- Liu, Q.; Lim, S. H. (2017), "Toxic air pollution and container port efficiency in the USA", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 19, N° 1, 94-105.
- Liu, Z. (1995), "The comparative performance of public and private enterprises: the case of British ports", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 29, N°3, pp. 263-274.
- Martagan, T. G.; Eksioğlu, B.; Eksioğlu, S. D.; Greenwood, A. G. (2009), "A simulation model of port operations during crisis conditions", *Winter Simulation Conference. Estados Unidos*.
- McConville, J. (1999), "Economics of Maritime Transport, Theory and practice", *Londres: Witherby & Co*.
- Meeusen, W.; Van Den Broeck, J. (1977), "Technical efficiency and dimension of the firm: Some results on the use of frontier production functions", *Empirical Economics*, Vol. 2, N° 2, pp. 109-122.
- Millington, J.E. (1998), "Modelling and Measuring the Performance of the Australian Waterfront: A Case Study of Coal Export Terminals, 1989-1996", *Thesis (master), University of Queensland*.
- Monios, J. (2017), "Port governance in the UK: Planning without policy", *Research in Transportation Business & Management*, Vol. 22, pp. 78-88.
- Nguyen, H. O.; Nghiem, H. S.; Chang, Y. T. (2017), "A regional perspective of port performance using metafrontier analysis: the case study of Vietnamese ports", *Maritime Economics & Logistics*, pp. 1-19.

Notteboom, T.; Yang, Z. (2017), "Port governance in China since 2004: Institutional layering and the growing impact of broader policies", *Research in transportation business & management*, Vol. 22, pp. 184-200.

Notteboom, T.; Coeck, C.; Van Den Broeck, J. (2000), "Measuring and explaining the relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models", *International Journal of Maritime Economics*, Vol. 2, Nº 2, pp. 83-106.

Núñez-Sánchez, R., Coto-Millán, P. (2012), "The impact of public reforms on the productivity of Spanish ports: A parametric distance function approach", *Transport Policy*, Vol. 24, pp. 99-108.

Paul, J. A.; MacDonald, L. (2017), "An empirical analysis of US vessel-related port accidents (2002-2012): Impact of union membership and port efficiency on accident incidence and economic damage", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 19, Nº 4, pp. 723-748.

Reifschneider, D.; Stevenson, R. (1991), "Systematic departures from the frontier: a framework for the analysis of firm inefficiency", *International Economic Review*, Vol. 32, Nº 3, pp. 715-723.

Rodrigue, J. P.; Comtois, C.; Slack, B. (2013), "The geography of transport systems" New York: Routledge.

Roll, Y.; Hayuth, Y. (1993). "Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA)", *Maritime Policy and Management*, Vol. 20, Nº 2, pp. 153-161.

Serebrisky, T.; Sarriera, J. M.; Suárez-Alemán, A.; Araya, G.; Briceño-Garmendía, C.; Schwartz, J. (2016), "Exploring the drivers of port efficiency in Latin America and the Caribbean", *Transport Policy*, Vol. 45, pp. 31-45.

Simar, L.; Wilson, P. W. (1998), "Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models", *Management Science*, Vol. 44, Nº 1, pp. 49-61.

Simar, L.; Wilson, P. W. (2000), "Statistical inference in nonparametric frontier models: The state of the art", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 13, Nº 1, pp. 49-78.

Smith, A.; Benedetto, V.; Nash, C. (2018, In Press), "The Impact of Economic Regulation on the Efficiency of European Railway Systems" *Journal of Transport Economics and Policy*.

Steven, A. B.; Corsi, T. M. (2012), "Choosing a port: An analysis of containerized imports into the US", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 48, Nº 4, pp. 881-895.

Stevenson, R. E. (1980), "Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation", *Journal of econometrics*, Vol. 13, Nº 1, pp. 57-66.

Stopford, M. (1997) "Maritime Economics", Oxford: Routledge.

Sun, X.; Yan, Y.; Liu, J. (2006), "Econometric analysis of technical efficiency of global container operators", *11th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies: Sustainable Transportation*, pp. 667-676.

Tongzon, J. L. (1995), "Determinants of port performance and efficiency", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 29, Nº 3, pp. 245-252.

Tongzon, J.; Heng, W. (2005), "Port privatization, efficiency and competitiveness: Some empirical evidence from container ports (terminals)", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 39, Nº 5, pp. 405-424.

Trujillo, L.; González, M. M.; Jiménez, J. L. (2013), "An overview on the reform process of African ports", *Utilities Policy*, Vol. 25, pp. 12-22.

UNCTAD (2016), *Review of Maritime Transport Series*: <http://bit.ly/1VNw1KG>.

Van De Voorde, E.; Verhoeven, P. (2017), "Port governance and policy changes in Belgium 2006-2016: a comprehensive assessment of process and impact", *Research in transportation business & management*, Vol. 22, pp. 123-134.

Wiegmans, B.; Witte, P. (2017), "Efficiency of inland waterway container terminals: Stochastic frontier and data envelopment analysis to analyze the capacity design-and throughput efficiency", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 106, pp. 12-21.

Wilmsmeier, G.; Tovar, B.; Sánchez, R. J. (2013), "The evolution of container terminal productivity and efficiency under changing economic environments", *Research in Transportation Business and Management*, Vol. 8, pp. 50-66.

Wilmsmeier, G.; Sánchez, R. J. (2017), "Evolution of national port governance and interport competition in Chile", *Research in Transportation Business & Management*, Vol. 22, pp. 171-183.

World Bank (2007), "Port Reform ToolKit. Second Edition. Public-Private Infrastructure Advisory facility", Disponible: <http://bit.ly/1Yk4Ubt>.

Zabran, S. Z.; Alam, J. B.; Al-Zabrani, A. H.; Smirlis, Y.; Papadimitriou, S.; Tsioumas, V. (2017), "Analysis of port efficiency using imprecise and incomplete data", *Operational Research*, Vol. 1-28.

Notas

1. Agradecimientos: Una parte importante de esta investigación se ha llevado a cabo gracias a la Beca Iberoamérica Santander Investigación (2016). Los autores desean agradecer las sugerencias realizadas por los revisores a la primera versión de esta investigación.
