



PROPUESTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD DE TERMINALES PESQUERAS A PARTIR DE MODELOS DEA

Alejandra María Esteban ¹
Claudia Noemí Zárate ²

RESUMO: Los puertos modernos en general, han dejado de tener una situación preferencial respecto a sus zonas de influencia, debido a que las cadenas integradas de transporte priorizan otros factores además de las distancias. En este sentido, la competitividad de los puertos es fundamental y su medición a través de la productividad y la eficiencia resulta en una herramienta clave para su inserción en los mercados. Mar del Plata posee un importante puerto multipropósito, destacándose principalmente como terminal pesquera. El método de análisis de la envolvente de datos (Data Envelopment Analysis – DEA) es una herramienta de evaluación económica que posee la ventaja de facilitar un tratamiento multidimensional, tanto desde el espacio de los insumos como del de los productos. En este trabajo, se diseña una metodología a partir de la definición de modelos DEA con variables no discrecionales, orientados a la entrada, para medir la competitividad global de las terminales pesqueras. Especialmente se focaliza el estudio en el puerto de Mar del Plata. Además, se calcula el índice de Malmquist, a partir de los modelos DEA, para obtener la evolución de la productividad total de los factores. A partir de la combinación de datos reales y simulados, se valida la herramienta. Se corrobora que la misma puede discriminar entre unidades eficientes e ineficientes, además proporciona información sobre eficiencias técnicas, eficiencias de escala, mejoras y deterioros en el sistema productivo.

Palavras-chave: Competitividad global, productividad, DEA, Terminal pesquera, Puerto de Mar del Plata.

¹ Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata , Argentina- aesteban@fi.mdp.edu.ar

² Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Mar del Plata , Argentina - cnzarate@fi.mdp.edu.ar

1 INTRODUCCIÓN

La revolución tecnológica, la globalización y la desregulación de ciertos mercados, son algunos de los principales factores que explican la importancia que ha adquirido la competitividad como preocupación empresarial y de los gobiernos.

Tradicionalmente, la competitividad de una región, se explicaba a través del paradigma de las ventajas comparativas, donde se hacía especial hincapié en la abundancia de sus recursos naturales, factores de producción y/o variables macroeconómicas.

El concepto de competitividad ha evolucionado inevitablemente con el tiempo, debido a la necesidad de incluir elementos impulsores y de crecimiento, estáticos y dinámicos. Una de las principales causas que explica el potencial del crecimiento de una economía y permite lograr un desarrollo sostenido que incide en el bienestar de la población, es la productividad con la cual se producen sus bienes y servicios. Ésta, constituye un nexo entre la competitividad de una región y la capacidad de sus industrias para competir en los mercados (ÖNSEL et al., 2008). La productividad relaciona la transformación de los insumos de entrada (recursos naturales, humanos y técnicos o tecnológicos, como las herramientas y maquinaria) obteniendo a modo de salida, productos que pueden ser tangibles o intangibles, bienes o servicios. La productividad depende de la calidad, de las características de los productos y de la eficiencia con la cual se producen (PORTER, 2002).

Los puertos contribuyen al desarrollo de los países o regiones, debido no solamente a su actividad fundamental en el tráfico exterior, sino porque también actúan como promotores del crecimiento de las áreas donde están emplazados. Sumado a ello, tienden cada vez más a integrarse en las cadenas logísticas de producción, transporte y distribución, además de convertirse en verdaderos centros de valor añadido, principalmente, a la carga, naves y pasajeros (RÚA COSTA, 2006). En las últimas décadas se ha producido una tendencia a la especialización de las operaciones, que permite brindar la infraestructura y servicios adecuados, donde los distintos agentes que intervienen pueden coordinar sus acciones.

Los puertos modernos han dejado, en general, de tener una situación de monopolio respecto al transporte de sus zonas de influencia o hinterlands. El funcionamiento eficiente de cualquiera de las actividades que se desarrollan en su entorno, es fundamental para que los materiales y productos que utilizan el transporte marítimo, lleguen a destino con el mínimo costo y en el menor plazo de tiempo. La búsqueda de una mayor competitividad tiene normalmente como resultado la generación de una eficiencia mayor. La medición del desempeño, a través de distintas metodologías, en un ámbito portuario permite que los distintos agentes que interactúan mejoren su comportamiento y gestión (ARIEU, 2014).

Los indicadores físicos, económico-financieros o de productividad, si bien brindan información para el monitoreo continuo y permiten encontrar deficiencias en la cadena logística, poseen la desventaja de ser parciales, por lo cual sólo muestran relaciones de un solo producto e insumo. Los puertos poseen la característica de ser multiproducto y/o multiservicio, por lo tanto, para evaluar la productividad resulta necesaria una metodología de análisis sistémica, que permita facilitar un tratamiento multidimensional (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011).

Para la medición de la eficiencia de las unidades de decisión o gestión es relevante tener un marco de referencia teórico, es decir, alguna función de frontera que delimite el espacio de situaciones posibles.

La metodología de Análisis de la Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis – DEA) es una técnica de programación matemática a partir de la cual se obtiene una superficie envolvente, frontera eficiente o función de producción empírica. Para ello, se utilizan los datos disponibles de una muestra de unidades decisionales de transformación usualmente llamadas Decision Making Units o DMUs. En este análisis se calcula la eficiencia relativa para cada DMU, comparando sus entradas y salidas respecto a las demás DMUs, de manera que incluye todas las unidades eficientes dentro de la frontera con sus combinaciones lineales, y las unidades

ineficientes quedan fuera de la misma.

Mar del Plata, cuenta con un puerto de ultramar el cual se constituye en una terminal multipropósito. En él se desarrollan actividades de distinta naturaleza, tales como operaciones relacionadas con la actividad pesquera, operaciones de exportación e importación, servicios derivados de la industria naval y del turismo, siendo la pesquera la más importante.

En este trabajo se diseña una metodología apropiada para medir la competitividad global de las terminales pesqueras, comparables con la terminal del puerto de Mar del Plata, utilizando el método de análisis de la envolvente de datos (Data Envelopment Analysis – DEA). Posteriormente se propone el cálculo del cambio de la productividad total de los factores mediante el índice de Malmquist.

En la Sección 2, Marco Teórico, se explica la metodología a utilizar. Se definen los conceptos de productividad y eficiencia, se hace una introducción a los indicadores de productividad, y se explican los distintos tipos de eficiencia y sus orientaciones. También, se presenta una forma de medir y evaluar la eficiencia de unidades de decisión o gestión. Se desarrollan los distintos modelos de Análisis de la Envolvente de Datos (DEA) y sus extensiones. Se define el índice de Malmquist, para medir los cambios de productividad total de los factores.

En la Sección 3, correspondiente al Desarrollo, se identifican y describen los principales puertos pesqueros de la Argentina y entre ellos se destaca el puerto de Mar del Plata como el más importante, debido al volumen que se desembarca a través del mismo. Se define el modelo a utilizar para medir la competitividad de las terminales pesqueras y los cambios de la productividad total de los factores, empleando la metodología DEA. Se valida el modelo con datos reales y simulados, utilizando el complemento Solver de Excel. Finalmente, se presentan las conclusiones y observaciones en la Sección 4.

2 MARCO TEÓRICO

A continuación se describen conceptos relacionados con indicadores de productividad a efectos de cuantificar la competitividad. Posteriormente, se presenta la metodología de Análisis de la Envolvente de Datos (DEA) para medir la competitividad a través de la productividad y el Índice de Malmquist para evaluar los cambios de productividad en el tiempo.

2.1 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD.

A contribuição literária de North (1989;1990) é utilizada em pesquisas para análise da criação deLa medición de la productividad es necesaria para el desarrollo de cualquier actividad económica y es considerada una herramienta útil para los distintos actores que intervienen. No sólo se utiliza para una planificación de las operaciones, sino también a la hora de establecer estrategias a largo plazo, tanto a nivel local, regional, nacional y/o internacional, tendientes a realizar una proyección de los próximos planes de comercio y transporte, analizando la competitividad del sistema. La medición del desempeño permite orientar el rumbo de una actividad en la dirección esperada (ESTACHE; TOVAR DE LA FÉ; TRUJILLO, 2004).

Los conceptos de productividad y eficiencia, si bien se utilizan en forma indistinta no significan lo mismo. Por productividad, se entiende a la capacidad de transformar y combinar recursos o insumos de entrada en productos o servicios de salida. Se define como el cociente entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos o insumos (CARBONE et al., 2012).

En los casos donde se posee una sola entrada y salida se habla de productividad y se calcula utilizando la expresión de la ecuación 1.

Cuando existen múltiples entradas y salidas se emplea la productividad total de los factores (PTF) (Ecuación 2).

$$\text{Productividad un solo insumo un solo producto} = \frac{\text{producción creada}}{\text{recurso consumido}} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \quad (01)$$

$$\text{Productividad varios insumos varios productos (PTF)} = \frac{\text{suma ponderada de outputs}}{\text{suma ponderada de inputs}} \quad (02)$$

La productividad de una entidad aislada no tiene relevancia, a menos que se realice una comparación con una unidad de referencia, obteniendo una medida de eficiencia. Por lo tanto, la eficiencia es una medida de productividad relativa. Una empresa puede ser técnicamente eficiente, pero a pesar de ello puede ser capaz de aumentar su productividad explotando economías de escala.

Toda ineficiencia en la cadena logística debe ser identificada, para posteriormente ser corregida a partir de redefinir sus procesos y operaciones. Luego, se requerirá de una evaluación y comparación para verificar si se han alcanzado las metas perseguidas. En este proceso jugarán un rol significativo la correcta utilización y definición de indicadores de productividad (DOERR; SANCHEZ, 2006).

Para diseñar indicadores de producción se debe establecer previamente, los objetivos que se persiguen y quién los establece.

2.2 ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS.

En este punto primero se definen los conceptos de productividad y eficiencia, para luego hablar de su evaluación y medición. Posteriormente, se describen los modelos clásicos de Análisis de la Envolvente de Datos y finalmente se desarrolla una extensión de los mismos.

2.2.1 CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA

El análisis de la eficiencia y la productividad es un campo de creciente importancia tanto en la actividad económica como en sectores de infraestructura y servicios. Permite poder comparar el desempeño de las unidades productivas o también llamadas unidades decisionales de transformación (UDT o en inglés decision making unit, DMU) (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011).

Desde el punto de vista económico, se habla de asignación eficiente de recursos utilizando el óptimo de Pareto. Es decir, cuando no existe otra asignación posible que mejore la situación de alguna unidad productiva sin perjudicar a otra. Por lo tanto, se trata de un concepto relativo, el cual se basa en la comparación del desempeño de una unidad respecto de otras similares (CORDERO FERRERA, 2006).

La noción de eficiencia no se basa en un concepto global, dado que existen diferentes definiciones y características de la misma, normalmente se habla de eficiencia técnica. Las medidas de eficiencia pueden ser evaluadas desde dos dimensiones. Por un lado, se habla de eficiencia para hacer referencia a la minimización del uso de los recursos, también llamada orientación a la entrada o input. Para ello se propone optimizar el uso de los recursos para obtener un nivel dado de salida u output.

Por otra parte, también se puede medir la eficiencia orientada a la salida u output, que evalúa la maximización de la salida para un nivel dado de entrada (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011).

Otro tipo de eficiencia, es la eficiencia de escala. Una firma que no opera con eficiencia de escala, significa que no está operando a la escala óptima. Si la empresa es muy pequeña, va a presentar retornos a escala crecientes, si la firma es muy grande presentará retornos a escala decrecientes. En ambos casos, la eficiencia debe ser mejorada cambiando la escala de operación. Ello significa que, mantendrá el mix de entrada pero cambiará el tamaño o capacidad de operación. La medida de eficiencia de escala indica en cuanto puede aumentar la productividad afectando el tamaño de la organización. En el caso de retornos a escala constantes, cuando se está operando en la escala óptima, la eficiencia técnica orientada a la entrada coincide con la de salida (COELLI et al., 2005).

Por otro lado, la eficiencia asignativa se refiere a la capacidad de combinar las entradas y salidas de la forma más adecuada teniendo en cuenta sus precios y productividades marginales. Este tipo de eficiencia, con orientación a la entrada, indica la mezcla de insumos que produce una cantidad dada de salida a un costo mínimo, teniendo en cuenta sus precios (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011).

La eficiencia técnica y la eficiencia asignativa se combinan para proporcionar la eficiencia global o económica (COELLI et al., 2005).

2.2.2 MODELOS DE ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

La metodología DEA utiliza el método de programación lineal para construir una frontera no paramétrica por tramos sobre los datos. El objetivo de la metodología es obtener una envolvente de datos que incluya todas las unidades eficientes. De esta manera, las unidades ineficientes quedan por debajo de la misma. La envolvente representa la frontera eficiente. Por lo tanto, la distancia de las unidades ineficientes a la misma constituye una medida de la ineficiencia relativa. Dicha comparación, se realiza con unidades que operan en forma similar respecto a los factores productivos utilizados para obtener salidas similares.

La formulación estándar puede presentarse como un modelo fraccional, lineal o dual cada uno, a su vez, orientado a la entrada o a la salida. Todos los modelos se basan en el mismo principio, la eficiencia de cada unidad, la cual representa la capacidad que la misma posee de mejorar sus salidas o reducir el consumo de los factores intervinientes (COELLI et al., 2005).

2.2.3 MODELO DEA-CCR FORMA DUAL, ORIENTACIÓN AL INPUT

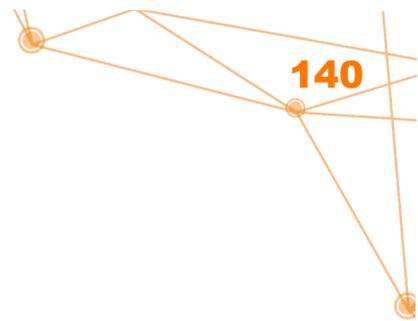
El primer modelo de DEA fue presentado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y asume retornos constantes a escala. Es conocido en la literatura como CCR o CRS (Constant Returns to Scale).

En la práctica resulta más sencillo el cálculo en la forma envolvente, también llamada dual. A través de la misma, se construye una aproximación lineal por tramos a la verdadera frontera, a partir de los datos de todas las unidades que forman la muestra. El modelo se muestra en las Ecuaciones 3 a 5 (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011):

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} z_0 = \theta \quad (03)$$

$$\sum_{k=1}^N \lambda_k y_{jk} \geq y_{j,0} \quad (04)$$

$$\theta x_{i,0} \geq \sum_{k=1}^N \lambda_k x_{i,k} \quad (05)$$



$$j = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, N$$

$$\lambda_k \geq 0$$

Siendo:

x_{ik} cantidad de entrada i consumida por la k -ésima DMU

x_{i0} cantidad de entrada i consumida por la DMU0 (DMU analizada)

y_{jk} cantidad de salida j generada en la k -ésima DMU

y_{j0} cantidad de salida j generada por la DMU0 (DMU analizada)

λ_k el ponderador de la k -ésima DMU

θ representa la medida de eficiencia técnica de la DMU0

$i = 1, \dots, n$ (entradas), $j = 1, \dots, m$ (salidas), $k = 1, \dots, N$ (DMUs)

La preferencia por emplear el modelo dual, se debe a que por lo general, presenta menos restricciones que el modelo primal. El modelo primal presenta $N+1$ restricciones y el problema dual $n+m$ restricciones (COELLI et al., 2005).

En el problema dual se plantea una restricción para cada producto respecto a todas las DMUs, más una restricción por cada insumo para todas las DMUs.

La suposición CCR, es apropiada cuando todas las firmas están operando a escala óptima. Cuando la competencia es imperfecta, por regulaciones gubernamentales, o por restricciones imperfectas, la unidad no puede operar en la escala óptima. En este caso, el uso del modelo CCR, provoca medidas de eficiencia técnica que están confundidas por la eficiencia de escala.

Banker, Charnes y Cooper en 1984, generalizan el modelo anterior, para considerar la existencia de rendimientos variables a escala (COOPER et al., 2011), usualmente se conoce como DEA-BCC o DEA-VRS (variable returns to scale). Dicho modelo permite trabajar tanto con rendimientos constantes, crecientes o decrecientes, además posibilita el cálculo de la eficiencia técnica, sin que esta se solape con la eficiencia de escala.

El modelo CCR, anteriormente citado se modifica agregando la restricción de convexidad.

2.2.4 MODELO DEA-BCC FORMA DUAL ORIENTADO A LA ENTRADA

Este modelo agrega la restricción de convexidad al modelo CCR respectivo. Dicha restricción asegura que la DMU combinada es de tamaño similar a la DMU0 (CORDERO FERRERA, 2006) (Ecuaciones 6 a 9):

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} z_0 = \theta \quad (06)$$

s.a:

$$\sum_{k=1}^N \lambda_k y_{jk} \geq y_{j,0} \quad (07)$$

$$\theta x_{i,0} \geq \sum_{k=1}^N \lambda_k x_{i,k} \quad (08)$$

$$j = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, N$$

$$\sum_{k=1}^N \lambda_k = 1 \text{ restricción de convexidad ,} \quad (09)$$

$$\lambda_k \geq 0$$

En los modelos DEA-CCR, el punto de proyección es una combinación lineal de las DMUs eficientes que permanecen sobre una cara de la envolvente eficiente. En los modelos DEA-BCC, dicho punto de proyección es una combinación lineal convexa.

La orientación entrada o salida en el modelo DEA-CCR, brindan los mismos resultados. No ocurre lo mismo en el modelo DEA-BCC. Se utiliza la orientación a la entrada, cuando las cantidades de inputs aparecen como las variables primarias de decisión para cumplir con varios pedidos. En el caso donde se trabaja con una cantidad fija de recursos y se debe producir lo máximo posible, se recurre a una orientación output (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011).

2.2.5 OTROS MODELOS: VARIABLES NO DISCRECIONALES

Se pueden plantear varias extensiones del modelo DEA, que permiten calcular la eficiencia asignativa, variables ambientales, variables no discrecionales, el tratamiento de holguras, la eficiencia de la congestión, métodos de bootstrap, entre otras (COELLI et al., 2005).

Cuando se habla de variables no discrecionales, se refiere a la diferenciación entre variables que están bajo control en el corto plazo y otras que no lo están. Para ello se formula un modelo DEA, en el caso que esté orientado a la entrada, solamente se busca reducir las entradas sobre las cuales se tiene control. Por lo tanto, se dividen los inputs en discrecionales y no discrecionales, x_k^D y x_k^{ND} respectivamente y el parámetro θ está solamente asociado a las variables discrecionales (COELLI et al., 2005).

En este modelo, se poseen n inputs bajo control y L inputs fuera de control en el corto plazo, por lo tanto x_k^D es un vector $n \times 1$ y x_k^{ND} es un vector $L \times 1$, ambos referidos a la empresa k .

El modelo DEA-BCC orientado a la entrada se presenta de la siguiente forma (Ecuaciones 10 a 14):

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} z_0 = \theta$$

s.a:

$$\sum_{k=1}^N \lambda_k y_{jk} \geq y_{j,0} \quad (11)$$

$$\theta x_{i,0}^D \geq \sum_{k=1}^N \lambda_k x_{i,k}^D \quad (12)$$

$$x_{l,0}^{ND} \geq \sum_{k=1}^N \lambda_k x_{l,k}^{ND} \quad (13)$$

$$j = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, N; l = 1, \dots, L$$

$$\sum_{k=1}^N \lambda_k = 1 \quad \text{restricción de convexidad} \quad (14)$$

$$\lambda_k \geq 0$$

El modelo DEA-CCR con variables discrecionales es igual salvo que no presenta la restricción de convexidad (Ecuación 14).

2.3 CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (PTF): ÍNDICE DE MALMQUIST

Las medidas de productividad pueden ser utilizadas para comparar el desempeño de distintas unidades de decisión en un punto dado de tiempo. Si estas medidas, son empleadas en distintos puntos temporales, se obtiene el cambio de productividad referido al movimiento en el desempeño de una firma o industria, a través del tiempo.

Los índices más utilizados para calcular los cambios en la productividad total de los factores o PTF son: el índice de Fisher; el índice de Törnqvist y el índice de Malmquist. Este último, tiene la ventaja que no requiere supuestos de conducta ni precios, por este motivo, es generalmente, el más utilizado (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011).

El Índice de Malmquist (IM) de cambio en la productividad orientado a la entrada, es una de las medidas que permite analizar cambios en los niveles de eficiencia. Además, proporciona la medición de posibles desplazamientos de la frontera de referencia cuando se posee panel de datos en un entorno no paramétrico, utilizando la aproximación por DEA.

El índice se construye por medio de la medición de la distancia radial de los vectores de salida y entrada observados en los períodos t y $t+1$, relativos a la tecnología de referencia. Las distancias pueden estar orientadas a la entrada o salida (de o ds respectivamente) o basadas en la tecnología t o $t+1$ (det, dst, det+1 o dst+1 respectivamente) (COELLI et al., 2005).

El IM sobre la tecnología t , para la DMU k , orientado a la entrada se define como IM_t , y se calcula través del cociente de las funciones de distancia correspondientes.

La distancia $det_k(y_{kt}, x_{kt})$ es menor o igual a uno. Pero, la distancia correspondiente a la tecnología t evaluada en $t+1$, $det_k(y_{k(t+1)}, x_{k(t+1)})$, puede ser menor, igual o mayor que uno. Por lo tanto, si el cociente indica un valor mayor a uno significa que el proceso productivo ha mejorado su nivel de eficiencia respecto a la frontera de referencia. Por el contrario, un valor unitario expresa que se ha mantenido constante, y por último un valor menor a uno indica un deterioro desde el punto de vista técnico (COELLI et al., 2005).

Cuando se considera la frontera de referencia en el período $t+1$, se obtiene de la misma forma que en el caso anterior, el índice $IM(t+1)$.

Dado que, el índice de productividad de Malmquist puede ser definido para ambos períodos t y $t+1$, se plantea el índice IM como la media geométrica entre ambos (Ecuación 15):

$$IM(y_{(t+1)}, y_t, x_{(t+1)}, x_t) = \left[\frac{d_{et}^k(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})}{d_{et}^k(x_{kt}, y_{kt})} \times \frac{d_{e(t+1)}^k(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})}{d_{e(t+1)}^k(x_{kt}, y_{kt})} \right]^{0,5} \quad (15)$$

Färe et al. (1994), reacomodan la ecuación anterior y la expresan de la siguiente forma, (Ecuación 16):

$$IM = \frac{d_{e(t+1)}^k(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})}{d_{et}^k(x_{kt}, y_{kt})} \left[\frac{d_{et}^k(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})}{d_{e(t+1)}^k(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})} \times \frac{d_{et}^k(x_{kt}, y_{kt})}{d_{e(t+1)}^k(x_{kt}, y_{kt})} \right]^{0,5} \quad (16)$$

El primer término representa el cambio en la eficiencia técnica (CETG) (catching up) entre los períodos t y $t+1$, en el caso de ser mayor a uno indica un mejoramiento. Es decir, la DMU k está más cerca de la frontera en el período $t+1$. Ello, implica la eficacia con la que se aplica el conocimiento tecnológico a la producción.

El segundo término, expresa el cambio técnico (CT) o desplazamiento de la frontera (shift frontier), debido a la mejora de la tecnología disponible.

Además, el cambio de eficiencia técnica (CETG), se puede separar en cambio en la eficiencia

técnica pura (CETP) y cambio en la eficiencia de escala (CEE). La primera corresponde a mejoras en la gestión de los factores productivos y la segunda a un ajuste superior del tamaño de la empresa, a la demanda atendida.

Färe et al. (1994), presentan una descomposición ampliada del IM calculado bajo el supuesto de retornos constantes a escala, para poder mostrar tanto los resultados de una frontera CCR como una frontera BCC. El índice de eficiencia radial bajo el supuesto de retornos constantes a escala considera la eficiencia técnica global (ETG). Dicha eficiencia, a su vez, puede descomponerse en eficiencia técnica pura (ETP) y eficiencia de escala (EE). La primera se obtiene a través de la eficiencia radial suponiendo retornos variables a escala. La EE se calcula como el cociente entre ETG y ETP. Por lo tanto, se reescribe la Ecuación 16 a través de la siguiente descomposición (Ecuaciones 17 y 18) (IÑIGUEZ et al., 2013):

$$IM(y_{(t+1)}, y_t, x_{(t+1)}, x_t) = CETG \times CT = CETP \times CEE \times CT \quad (17)$$

$$IM = \frac{d_{e(t+1)}^*(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})_{BCC}}{d_{e(t+1)}^*(x_{kt}, y_{kt})_{BCC}} \times \frac{d_{e(t+1)}^*(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})_{CCR}}{d_{e(t+1)}^*(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})_{BCC}} \times \left[\frac{d_{e(t+1)}^*(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})_{CCR}}{d_{e(t+1)}^*(x_{k(t+1)}, y_{k(t+1)})_{CCR}} \times \frac{d_{e(t+1)}^*(x_{kt}, y_{kt})_{CCR}}{d_{e(t+1)}^*(x_{kt}, y_{kt})_{CCR}} \right]^{0,5} \quad (18)$$

De modo que, el IM requiere el cálculo de 4 funciones de distancia con rendimientos a escala constante y dos con rendimientos a escala variables. Dichas distancias, se pueden obtener a través de la metodología DEA, trabajando con panel de datos.

3 DESARROLLO

Los puertos son analizados como sistemas multiproductivos, cuya meta principal es minimizar el uso de recursos de entrada, maximizando los volúmenes producción y/o servicios (CHANG ROJAS; CARBAJAL NAVARRO, 2011). No existe un consenso sobre la definición de indicadores de producción que evalúen la actividad portuaria. En lo que respecta a las variables de entrada, se trabaja sobre capital y trabajo, y como variables de salida, se utilizan las relacionadas con el tráfico de carga (DOERR; SANCHEZ, 2006).

A lo largo del extenso litoral marítimo argentino existen más de 100 puertos marítimos y fluviales, que ofrecen distintas características.

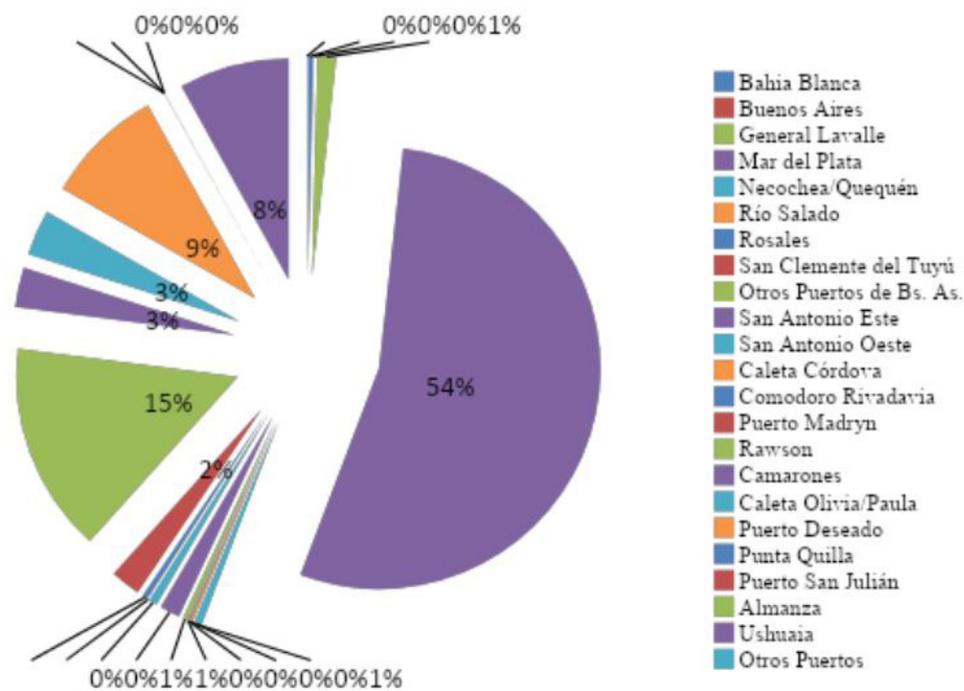
La provincia de Buenos Aires comprende terminales fluviales y marítimas. Sobre el río Paraná, están situados los puertos San Nicolás, San Pedro, Campana y Zárate. Sobre el Río de la Plata, se ubican los puertos de Dock Sud y La Plata. Finalmente sobre el litoral atlántico, se encuentran los puertos de Mar del Plata, Quequén, Coronel Rosales y Bahía Blanca (GUALDONI; ERRAZI, 2006).

Siguiendo al sur, y analizando el litoral atlántico, en las provincias de río Negro, Chubut y Santa Cruz se radican importantes puertos. En la provincia de Río Negro se localizan los puertos de San Antonio Oeste y San Antonio Este. En Chubut, los puertos de Camarones, Puerto Madryn, Rawson, Comodoro Rivadavia y Caleta Córdova. En Santa Cruz los puertos de Caleta Olivia/Paula, Puerto Deseado, Punta Quilla y Puerto San Julián. Por último en Tierra del Fuego se localizan los puertos de Ushuaia y Almanza.

De entre todos estos puertos, el presente trabajo se centra en el puerto de Mar del Plata. Puerto de Mar del Plata es el principal puerto pesquero del país. De acuerdo a los informes emitidos por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, ha concentrado aproximadamente

el 54% de los desembarques nacionales en los últimos cinco años (Figura 1)

Figura 1 - Promedio de Desembarques de los Puertos Pesqueros Argentinos 2010-2014



Fuente: Elaboración propia en base a datos oficiales del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca

En Mar del Plata se inició la historia y el desarrollo del sector pesquero. Es el asiento del mayor número de plantas procesadoras, así como también el mayor proveedor del mercado interno (HOBERT et al., 2009). Constituye una terminal multipropósito, donde se suman a la industria pesquera, actividades de distinta naturaleza como exportación, importación, industria naval y explotación turística (Figura 2) (FUNDACIÓN NUESTRO MAR, 2007).

Figura 2 - Vista aérea del puerto de Mar del Plata



| | |
|-----|--|
| A | Dársena A o de pescadores |
| B | Dársena B o de cabotaje |
| C | Dársena C o de ultramar |
| DS | Dársena de submarinos |
| FED | Fondeadero embarcaciones deportivas |
| EN | Escollera norte |
| ES | Escollera sur |
| MP | Muelle de pasajeros |
| PI | Posta de inflamables |
| RO | Rompeolas |
| 1 | Espigón N° 1 Permisarios |
| 2 | Espigón N° 2 o muelle de cabotaje |
| 3 | Espigón N° 3 o muelle de ultramar |
| 4 | Espigón N° 4 Clubes |
| 5 | Espigón N° 5 Base Naval |
| 6 | Espigón N° 6 interior a la escollera norte |
| 7 | Espigón N° 7 atracadero de embarcaciones inactivas |
| 10 | Espigón N° 10 o muelle de pescadores |

Fuente: Elaboración Propia sobre imágenes obtenidas del Consorcio Portuario Regional Mar del Plata (2014).

La zona portuaria de Mar del Plata se puede dividir para su análisis en dos sectores: norte y sur. La zona Norte es la comprendida entre la escollera norte (EN) y el Fondeadero destinado a Embarcaciones Deportivas (FED). La zona sur se encuentra comprendida entre el FED y la Escollera Sur.

El sector norte corresponde principalmente al área militar y es jurisdicción de la Armada Argentina. Aquí se asienta la Base Naval que se encuentra protegida por un rompeolas (RO) de 474 m de longitud. Además, en esta zona se emplaza un muelle de pasajeros (MP), adyacente al tramo interior de la escollera, una dársena para submarinos (DS) y, como ya se mencionó, un fondeadero destinado a embarcaciones deportivas (FED).

El sector sur, es de carácter industrial, comercial, turístico y operativo. En dicho sector se encuentran tres dársenas: pescadores(A), cabotaje (B) y ultramar (C). Sobre la escollera Sur se encuentra la posta de inflamables (PI). El sector operativo de este sector está compuesto por las terminales N° 1, 2, 3, 4 y 5 (SOCIEDAD PATRONES PESCADORES, 2015) (CONSORCIO PORTUARIO REGIONAL MAR DEL PLATA, 2014).

En la sección industrial se encuentran fábricas de harina de pescado, talleres y carpinterías navales, astilleros, lavaderos de cajones, depósitos de enseres de pesca y cooperativas de pesca, procesadores de pescado y la planta de almacenamiento de combustibles. Existe una amplia cobertura para realizar reparaciones navales conjuntamente con instalaciones de varaderos y diques flotantes para la atención de embarcaciones pesqueras.

3.1 MODELO PROPUESTO

A partir del análisis de las características y situación del puerto de Mar del Plata, se evalúa la competitividad de dicho puerto como terminal pesquera. Si bien, es una terminal multipropósito, la actividad pesquera constituye la labor más importante que desarrolla, puesto que se realizan, como ya se mencionó, el 54% de los desembarques nacionales de pescado.

No se considera conveniente, por el momento, un estudio como terminal de cargas contenedorizadas, debido a la actividad discontinua que ha presentado (LA NACIÓN, 2008) (LA CAPITAL, 2012). Dentro de los procesos realizados en la terminal pesquera, se estudia el proceso de desembarque de pescado.

Se compara el puerto de Mar del Plata con otras terminales pesqueras del país. Para ello, se propone un modelo de Análisis de la Envoltente de Datos (DEA), orientado a la entrada, con variables no discrecionales.

Se selecciona un modelo orientado a la entrada, debido a que el objetivo es optimizar o controlar los insumos, para una salida determinada.

En este caso se considera la salida o output a las toneladas de pescado desembarcadas.

Dada la importancia que presenta la infraestructura en el funcionamiento de un puerto, se contempla su influencia en el grado de eficiencia de las unidades evaluadas. El fin es el de incluir la/s entrada/s que describa/n la infraestructura afectada en el proceso de estudio (IÑIGUEZ et al., 2013).

Se estudia el modelo DEA-CCR con variables no discrecionales, aplicando las Ecuaciones 10 a 13, para obtener la eficiencia global (EG), θ_{CCR} .

A su vez, se utiliza el modelo DEA-BCC con variables no discrecionales, Ecuaciones 10 a 14 para adquirir la eficiencia técnica (ET), θ_{BCC} .

A partir de las eficiencias θ_{CCR} y θ_{BCC} , se obtiene la eficiencia de escala (EE).

Posteriormente, se evalúan ambos modelos, DEA-CCR y DEA-BCC, con un panel de datos en dos momentos temporales, t y $t+1$. Como resultado, se puede analizar el cambio en la productividad total de los factores (PTF). Para ello se utiliza el índice de Malmquist (IM), de acuerdo a las Ecuaciones 17 y 18. De esta forma, se obtienen el cambio técnico (CT) o desplazamiento de la frontera, el cambio en eficiencia técnica pura (CETP) y, el cambio en eficiencia de escala (CEE).

3.2 SELECCIÓN DE LAS VARIABLES

Se selecciona como variable de entrada no discrecional o no controlable, a los metros de lineales de muelle operativo o de atraque, correspondientes a la infraestructura utilizada.

Se define como variable de entrada a optimizar, al indicador operacional toneladas transferidas por hora hombre (tn/hh). En este caso, corresponden a toneladas desembarcadas. Cabe destacar, que debe hacerse una diferenciación en el proceso productivo de descarga, entre los buques fresqueros y los buques congeladores. De los buques fresqueros se descarga el pescado entero conservado en hielo. Mientras tanto, los buques congeladores, se desembarca el pescado congelado, procesado dentro del propio buque. Los recursos utilizados (mano de obra en este caso), varían en función del tipo de embarcación y del producto a descargar.

Se considera como variable de salida a las toneladas desembarcadas anuales. De igual manera, al tratamiento realizado para la variable de entrada, se hace la diferenciación entre las toneladas descargadas por buques fresqueros y toneladas desembarcadas por buques congeladores.

Por lo tanto, las variables que intervienen en el modelo son:

- Variable de entrada no discrecional: metros lineales de muelle operativo ($x1ND$)
- Variables de entrada a controlar: toneladas de pescado descargadas por hora hombre, en buques fresqueros ($x2D$); toneladas de pescado descargadas por hora hombre, en buques congeladores ($X3D$).
- Variables de salida: toneladas de pescado desembarcadas por buques fresqueros anuales ($y1$); toneladas desembarcadas por buques congeladores anuales ($y2$).

Las DMUs, que intervienen en el modelo son los puertos pesqueros nacionales más importantes (Figura 1). Ellos son 9 en total y en orden de mayor a menor importancia, los puertos de: Mar del Plata ($\lambda1$); Puerto Madryn ($\lambda2$); Puerto Deseado ($\lambda3$); Ushuaia ($\lambda4$); Caleta Olivia/Paula ($\lambda5$); Rawson ($\lambda6$); Comodoro Rivadavia ($\lambda7$), San Antonio Este ($\lambda8$) y General Lavalle ($\lambda9$).

3.3 ANÁLISIS DE LOS MODELOS

El modelo CCR se debe correr por cada corte transversal en el tiempo (t y $t+1$) para cada DMU (N), cada caso corresponde a la minimización de los parámetros de las diferentes DMUs. El modelo consta de tres restricciones de entrada (m) y dos de salida (n), una por cada variable. A través del mismo, se obtienen las eficiencias a rendimientos de escala constante (θ_{CCR}), para cada unidad de decisión estudiada, en t y $t+1$.

El modelo BCC, como en el caso anterior, se debe plantear nueve veces por cada corte transversal en el tiempo (t y $t+1$). Pero a diferencia de la situación anterior, se agrega la restricción de convexidad. A partir del mismo, se obtienen las eficiencias a rendimientos a escala variables (θ_{BCC}).

Además, para obtener el índice IM, se necesita calcular otra frontera DEA-CCR. Para esto se considera la DMU0 a optimizar, calculada con los datos observados en t y el resto de las DMUs evaluadas en $t+1$ y viceversa.

3.4 VALIDACIÓN DE LOS MODELOS

La validación de los modelos se realiza tomando para los períodos t y $t+1$ los años 2012 y 2014 respectivamente, para las distintas variables se utilizan los siguientes datos:

- $x1D$ valores reales mostrados en la Tabla 1.
- $x2D$ TN/HH de buque fresquero. Valores simulados a través de Simulación Montecarlo utilizando una distribución normal a partir de datos obtenidos correspondientes al año 2012 en el trabajo de Tapia et al. (2014) (Tabla 2).
- $x3D$ TN/HH de buque congelador. Valores simulados a través de Simulación Montecarlo utilizando una distribución normal a partir de datos proporcionados en una comunicación personal con el Director del Consorcio Portuario, para el año 2014, (Tabla2).
- $y1$ y $y2$ valores reales exhibidos en la Tabla 3, obtenidos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca

TABLA 1 - Metros lineales de muelle operativo

| MU | Metros lineales de atraque (x1ND) |
|--------------------|--|
| Mar del Plata | 1648 m |
| Puerto Madryn | 1130 m |
| Puerto Deseado | 740 m |
| Ushuaia | 1163 m |
| Caleta Olivia | 535 m |
| Rawson | 255 m |
| Comodoro Rivadavia | 1296 m |
| San Antonio Este | 390 m |
| General Lavalle | 270 m |

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Sitio Web Fundación NuestroMar

TABLA 2 - Mano de obra medida en toneladas por hora hombre

| DMU | Año 2012 | | Año 2014 | |
|--------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| | x2D | x3D | x2D | x3D |
| Mar del Plata | 1,51 | 0,22 | 1,74 | 0,36 |
| Puerto Madryn | 1,44 | 1,47 | 1,69 | 0,46 |
| Puerto Deseado | 1,54 | 1,50 | 1,53 | 1,52 |
| Ushuaia | 0,00 | 0,52 | 0,00 | 0,57 |
| Caleta Olivia | 1,39 | 0,21 | 1,49 | 0,26 |
| Rawson | 1,53 | 0,00 | 1,58 | 0,00 |
| Comodoro Rivadavia | 1,70 | 0,32 | 1,65 | 0,35 |
| San Antonio Este | 1,47 | 0,20 | 1,49 | 0,23 |
| General Lavalle | 1,22 | 0,00 | 1,27 | 0,00 |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 3 - Toneladas anuales de pescado desembarcado

| DMU | Año 2012 | | Año 2014 | |
|--------------------|----------|---------|----------|----------|
| | y1 | y2 | y1 | y2 |
| Mar del Plata | 240638,2 | 96432 | 255817,2 | 162740,6 |
| Puerto Madryn | 13604,4 | 92529,5 | 2830,9 | 122755 |
| Puerto Deseado | 2988,7 | 63027,4 | 6,3 | 77216,3 |
| Ushuaia | 0 | 69215,4 | 0 | 46349,2 |
| Caleta Olivia | 16283,8 | 14867,8 | 12998,2 | 13139,6 |
| Rawson | 15768,2 | 0 | 33698,2 | 0 |
| Comodoro Rivadavia | 16881,2 | 5067,4 | 18604,6 | 1447,6 |
| San Antonio Este | 7805,5 | 3678,6 | 4994,1 | 2363,9 |
| General Lavalle | 12177,1 | 0 | 12050,5 | 0 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos oficiales del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca

El cálculo de las distintas fronteras se realiza utilizando el complemento Solver de Excel. Los valores de eficiencia obtenidos se presentan a continuación, en la Tabla 4.

TABLA 4 - Medidas de eficiencia calculadas a partir de modelos DEA CCR y BCC

| DMU | θ_{CCR12} | θ_{BCC12} | θ_{CCR14} | θ_{BCC14} | $\theta_{CCR14} / 12$ | $\theta_{CCR12} / 14$ |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Mar del Plata | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,868 | 1,459 |
| Puerto Madryn | 1 | 1 | 1 | 1 | 4,975 | 0,591 |
| Puerto Deseado | 1 | 1 | 0,632 | 1 | 1,007 | 0,391 |
| Ushuaia | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,611 | 1,096 |
| Caleta Olivia | 0,167 | 0,670 | 0,113 | 0,631 | 0,131 | 0,158 |
| Rawson | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,968 | 0,483 |
| Comodoro Rivadavia | 0,063 | 0,511 | 0,077 | 0,546 | 0,071 | 0,073 |
| San Antonio Este | 0,041 | 0,722 | 0,029 | 1 | 0,024 | 0,051 |
| General Lavalle | 0,968 | 1 | 0,445 | 1 | 0,920 | 0,468 |

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar, del análisis de los modelos: θ_{CCR12} ; θ_{BCC12} ; θ_{CCR14} y θ_{BCC14} , se obtienen DMUs eficientes ($\theta = 1$) y DMUs no eficientes ($\theta < 1$) para las distintas fronteras CCR y BCC, en ambos períodos 2012 y 2014. A partir de estos datos, los puertos de Mar del Plata; Madryn; Ushuaia y Rawson se muestran eficientes en las distintas fronteras, a diferencia de los puertos de Caleta Olivia y Comodoro Rivadavia que son ineficientes.

Además, unidades de decisión, como los puertos de General Lavalle, Puerto Deseado y San Antonio Este, que presentan ineficiencia en la frontera CCR no la manifiestan en la frontera BCC. Ello indica que existe una ineficiencia de escala.

La eficiencia global (EG) calculada a partir de la frontera CCR se puede descomponer en eficiencia técnica (ET) hallada a través de la frontera BCC y eficiencia de escala (EE). Los valores se muestran en Tabla 5.

TABLA 5 - Eficiencias técnicas (ET) y de escala (EE)

| DMU | ET12 | ET14 | EE12 | EE14 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Mar del Plata | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Puerto Madryn | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Puerto Deseado | 1 | 1 | 1 | 0,632 |
| Ushuaia | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Caleta Olivia | 0,670 | 0,631 | 0,249 | 0,178 |
| Rawson | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Comodoro Rivadavia | 0,511 | 0,546 | 0,122 | 0,141 |
| San Antonio Este | 0,722 | 1 | 0,057 | 0,029 |
| General Lavalle | 1 | 1 | 0,968 | 0,445 |

Fuente: Elaboración propia

Las eficiencias $\theta_{CCR14/12}$ y $\theta_{CCR12/14}$, mostradas en la Tabla 4, corresponden a la evaluación de las DMUs en un período respecto a la frontera calculada en el otro período. En este caso, se obtienen valores mayores, iguales o menores a 1, ello indica que, la DMU analizada ha mejorado, ha mantenido igual o ha desmejorado su proceso productivo respecto a la frontera de referencia.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del índice de Malmquist (IM) y su descomposición CETP y CEE, que indican Cambios en Eficiencia Técnica y Cambios en Eficiencia de Escala. Estos indicadores se calcularon para todas las DMUs analizadas, utilizando las fronteras DEA a partir de la Ecuaciones 17 y 18.

TABLA 6 - Eficiencias técnicas (ET) y de escala (EE)

| DMU | IM | CETP | CEE | CT |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Mar del Plata | 0,771 | 1 | 1 | 0,771 |
| Puerto Madryn | 2,901 | 1 | 1 | 2,901 |
| Puerto Deseado | 1,276 | 1 | 0,632 | 2,018 |
| Ushuaia | 0,747 | 1 | 1 | 0,747 |
| Caleta Olivia | 0,747 | 0,942 | 0,717 | 1,106 |
| Rawson | 1,416 | 1 | 1 | 1,416 |
| Comodoro Rivadavia | 1,098 | 1,068 | 1,152 | 0,893 |
| San Antonio Este | 0,580 | 1,384 | 0,506 | 0,828 |
| General Lavalle | 0,951 | 1 | 0,459 | 2,070 |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de la información, se obtiene que el puerto de Caleta Olivia presenta un desmejoramiento en el cambio tecnológico puro y en el cambio de la eficiencia de escala. Contrariamente a ello, Puerto Deseado manifiesta un aumento en sendos cambios.

De acuerdo a estos resultados obtenidos, se puede observar que los puertos que se presentan eficientes para las cuatro fronteras se mantienen igual respecto al cambio en la eficiencia técnica pura y a la eficiencia de escala. Pero, exhiben un desplazamiento de la frontera: Mar del Plata y Ushuaia muestran un deterioro en la tecnología; mientras que Puerto Madryn y Rawson muestran un mejoramiento en la misma.

4 CONCLUSIONES

A partir de los resultados del trabajo:

- Se prueba que la herramienta funciona correctamente, a través de una validación con datos reales y simulados. Se obtienen valores adecuados de eficiencia e ineficiencia técnica y de escala, para las DMUs analizadas.
- Se calcula el IM, a partir de la herramienta propuesta y se demuestra que éste permite obtener información de los cambios de eficiencia técnica, cambios de escala y cambios técnicos o de desplazamiento de la frontera.

A partir del análisis de los resultados arrojados por la validación, con este conjunto de datos reales y simulados, se puede decir que:

- Los puertos de Mar del Plata; Madryn; Ushuaia y Rawson se mostrarían eficientes en las distintas fronteras.

- Los puertos de Caleta Olivia y Comodoro Rivadavia serían ineficientes.
 - Los puertos de General Lavalle; Puerto Deseado y San Antonio Este, que presentarían ineficiencia en la frontera CCR no la manifestarían en la frontera BCC, ello es indicativo que existiría una ineficiencia de escala.
 - Caleta Olivia mostraría un desmejoramiento en el cambio en la eficiencia y en el cambio de la eficiencia de escala.
 - Puerto Deseado manifestaría un aumento en el cambio en la eficiencia técnica pura y en el cambio de la eficiencia de escala. Ello estaría indicando una gestión de los recursos más satisfactoria y un ajuste entre el tamaño de empresa y demanda superior.
 - Los puertos que se presentan eficientes para las cuatro fronteras, Mar del Plata; Madryn; Ushuaia y Rawson, se mantendrían igual respecto al cambio en la eficiencia técnica puro y a la eficiencia de escala. En cambio, presentarían un desplazamiento de la frontera: Mar del Plata y Ushuaia mostrarían un deterioro en la tecnología; mientras que Puerto Madryn y Rawson exhibirían un mejoramiento en la misma.
- Se plantean los siguientes desafíos:
- Proponer un relevamiento de los distintos procesos de carga y descarga en buques fresqueros y congeladores, en las distintas terminales pesqueras del país. A partir de estos datos, se podrá armar un registro público con datos de mano de obra, ello permitirá el cálculo de indicadores operacionales de carga y descarga
 - Evaluar en forma cuantitativa los distintos modelos propuestos, utilizando los indicadores obtenidos en el relevamiento indicado en el punto anterior. Ello permitirá identificar las ineficiencias y áreas de mejora correspondientes.
 - Ampliar la comparación con otros puertos de América y Europa.

En este trabajo se puede comprobar la importancia de comparar la productividad, respecto a una frontera eficiente. Dicha frontera se obtuvo a partir de las unidades decisionales involucradas en el estudio, aplicando la metodología de Análisis de la Envolvente de Datos. Esta herramienta, permite evaluar minuciosamente el desempeño de cualquier actividad, para establecer posteriormente las estrategias necesarias que ratifiquen su rumbo en la dirección deseada.

PROPOSAL FOR ASSESSING COMPETITIVENESS OF FISHING TERMINALS FROM DEA MODELS

ABSTRACT: In general modern ports no longer have a preferential situation with respect to their influence zones, this is due to the integrated transport chains prioritize factors other than distances. In this sense, the evaluation of competitiveness through productivity and efficiency is relevant. Mar del Plata has an important multipurpose port, standing out mainly as a fishing terminal. Data Envelopment Analysis (DEA) method is an economic evaluation tool that has the advantage of facilitating a multidimensional treatment, from both spaces inputs and products. In this work, is designed a methodology based on DEA models with non-discretionary input-oriented variables to measure the overall competitiveness of the fishing terminals. The study is especially focused on Mar del Plata port. In addition, is calculated the Malmquist index, from the DEA models, to obtain the evolution of total factor productivity. The tool is validated from the combination of real and simulated data. It is corroborated that it can discriminate between efficient and inefficient units, and it also provides information on technical efficiencies, scale efficiencies, improvements and deterioration in the production system.

Keywords: Global competitiveness, productivity, DEA, fishing terminal, Port of Mar del Plata.

Originals recebidos em: 17/12/2017
Aceito para publicação em: 27/12/2018

REFERÊNCIAS

ARIEU, A. Puertos y Competitividad Regional. Énfasis Logística. Extraído el 6 de octubre de 2014, de <http://www.logisticasud.enfasis.com/articulos/70713-puertos-y-competitividad-regional>, 2014.

BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. North Holland, v. 30(9), p. 1078-1092, 1984.

CARBONE, D.; VICECONTE, M.; FRUTOS, M. Identificación de factores para la aplicación de la técnica DEA en la evaluación de la eficiencia portuaria. V Congreso Argentino de Ingeniería Industrial, V COINI 2012. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, 2012.

CHANG ROJAS, V. A.; CARBAJAL NAVARRO, M. A. Medición de la productividad y Eficiencia de los Puertos Regionales del Perú: un Enfoque no Paramétrico. Informe Final del proyecto Breve Cerrado de Investigación Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Consorcio de Investigación Económica y Social – CIES, 2011.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the Efficiency Decision-Making Units, *European Journal of Operational Research*, v. 2, p. 91-107, 1987.

COELLI, T. J.; PRASADA RAO, D. S.; O'DONNELL, C. J; BATTESE, G. E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 2da.Edición Springer, 2005.

CONSORCIO PORTUARIO REGIONAL MAR DEL PLATA. Puerto de Mar del Plata. Extraído el 15 de diciembre de 2014, de <http://www.puertomardelplata.net/index-1.html>, 2014.

CORDERO FERRERA, J. M. Evaluación de la Eficiencia con Factores Exógenos Mediante el Análisis Envolvente de Datos. Una Aplicación a la Educación Secundaria en España. Tesis Doctoral, 2006.

DOERR, O.; SÁNCHEZ, R. Indicadores de productividad para la industria portuaria. Aplicación en América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL ONU. Santiago de Chile, 2006.

ESTACHE, A.; TOVAR DE LA FÉ, B.; TRUJILLO, L. Sources of efficiency gains in port reform: a DEA decomposition of a Malmquist TFP index for Mexico. *Utilities Policy*, v 12, p. 221–230, 2004.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; NORRIS, M.; ZHANG, Z. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in industrialized Countries. *The American Economic Review*, v.84(1), p. 66-83, 1994.

FUNDACIÓN NUESTROMAR. Puertos Marítimos. Extraído el 26 de marzo de 2015, de http://www.nuestromar.org/servicios/puertos/puertos_maritimos, 2006.

GUALDONI, P.; ERRAZTI, E. (2006). El Puerto de Mar del Plata. *FACES*, año 12, N° 26 Facultad de Ciencias Económicas y Sociales – UNMdP.

LA CAPITAL. Suspenden servicio de portacontenedores por falta de dragado. Extraído el 26 de marzo de 2015, de <http://www.lacapitalmdp.com/noticias/La-Ciudad/2012/06/08/220365.htm>.

LA NACIÓN. Un nuevo capítulo en el conflicto del SOMU. Extraído el 26 de marzo de 2015, de <http://www.lanacion.com.ar/1073105-un-nuevo-capitulo-en-el-conflicto-del-somu>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA. Desembarques. Extraído el 18 de diciembre de 2014, de http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/pesca_maritima/02-desembarques/index.php, 2014.

ÖNSEL, S.; ÜLENGİN, F.; ULUSOY, G.; AKTAŞ, E.; KABAK, O.; TOPCU, Y.I. A new perspective on the competitiveness of nations. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 42, p. 221–246. 2008

PORTER, M. *Ventaja Competitiva*. Alay Ediciones, S.L. (Grupo Patria Cultural). 2002.

RÚA COSTA, C. Los puertos en el transporte marítimo. *EOLI: Enginyeria d'Organització i Logística Industrial*, Universidad Politécnica de Cataluña. Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales, 2006.

SOCIEDAD PATRONES PESCADORES. Descripción del puerto de Mar del Plata. Extraído el 18 de diciembre de 2014, de http://www.patronespescadores.com.ar/?page_id=441, (2015).

TAPIA, R.; ZÁRATE, C.; ESTEBAN, A.; VIEIRA, G.; SENNA, L. Proposición y Evaluación de Indicadores de Movimiento de Carga para el Puerto de Mar del Plata. *Espacios, Revista Venezolana de Gestión Tecnológica*, v. 35, (Nº 11), p. 9, 2014.