

# ANÁLISIS

## La eficiencia de las aduanas de la región APEC: Un análisis a través del modelo DEA Malmquist

APEC REGION CUSTOMS EFFICIENCY:  
AN ANALYSIS THROUGH THE MALMQUIST DEA MODEL

*América I. Zamora Torres<sup>1</sup>*

### Resumen

Actualmente las aduanas encaran un entorno en rápida mutación: evolución de los modos de producción y de consumo, intensificación de los intercambios comerciales internacionales, nuevas amenazas mundiales (delincuencia organizada, cambios climáticos, etcétera). En este contexto, las aduanas desempeñan un papel esencial garantizando un equilibrio permanente entre la protección de la sociedad y la simplificación de los intercambios comerciales (Zamora y Navarro, 2015). Siendo la innovación un elemento esencial de la reforma y modernización sostenibles de las aduanas, puesto que además de asegurar el cumplimiento de todas las funciones de las mismas deben también confrontar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece el comercio internacional (OMA, 2013a). La presente investigación tiene por objetivo identificar el grado de eficiencia o ineficiencia de las aduanas de 18 países de la región Asia Pacífico, incluyendo las aduanas de México, así como determinar

---

Artículo recibido el 25 de abril de 2016 y dictaminado el 19 de septiembre de 2016.

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Av. Francisco J. Múgica s/n, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México.  
Correo electrónico: americazt@hotmail.com

el cambio tecnológico en las aduanas de la región antes mencionada tomando como referencia el cambio tecnológico en los años 2014 y 2015, para lo cual se utiliza la metodología del análisis envolvente de datos (DEA) y el índice Malmquist. Acorde con el análisis, las aduanas más eficientes en el periodo analizado (2014 y 2015) son Brunei y Singapur, mientras que únicamente en el año 2015 mostraron valores de eficiencia las aduanas de Nueva Zelanda, Perú, Filipinas y Chile. Los resultados muestran que los procesos de innovación y cambio tecnológico son fundamentales para la mejora de la productividad en las aduanas y que a pesar de que no son el único factor que puede incidir en la mejora de eficiencia de éstas, son factores altamente impactantes en el desempeño de las mismas.

*Palabras clave:* eficiencia, aduanas, APEC, DEA, Malmquist.

## **Abstract**

Today customs face rapidly changing environment: changing patterns of production and consumption, increased international trade, new global threats (organized crime, climate change, etc.). In this context, customs play an essential role in ensuring a permanent balance between protecting society and the simplification of trade (Zamora and Navarro, 2015). As innovation is an essential element of the reform and sustainable modernization of customs, as well as ensuring compliance with all the functions thereof but also allows confronting the challenges and exploiting the opportunities offered by international trade (OMA, 2013a). This research aims to identify how efficient or inefficient customs of 18 countries in the Asia Pacific region including Mexico's customs and determine technological change in each of the offices of the aforementioned region, taking as technological change reference 2014 and 2015, for which the methodology of data envelopment and Malmquist index is used. According to analysis more efficient customs in the period analyzed (2014 and 2015) are Brunei and Singapore, while in 2015 only showed efficiency values customs of New Zealand, Peru, the Philippines and Chile. The results show that the processes of innovation and technological change are essential for improving productivity in customs and although they are not the only factor that can influence the improvement of efficiency are highly impressive factors in the performance of same.

*Keywords:* efficiency, customs, APEC, DEA, Malmquist.

## I. Introducción

Acompañado del descubrimiento de América por Cristóbal Colón el 12 de octubre de 1492 vino la formalización del comercio internacional a través de la expedición de las cédulas reales de 1509, 1514, 1531 y 1535, que legitimaban el monopolio mercantil de España con los territorios recientemente conquistados.

Con la finalidad de controlar y fiscalizar el comercio y la navegación entre España y las Indias, se instalaron desde 1503 las Casas de Contratación en la Nueva España, y fue hasta 1551 cuando se inició la edificación de las primeras instalaciones portuarias en Veracruz.

El comercio con Oriente se inició en la segunda mitad del siglo XVI, cuando se instituyó la ruta mercantil entre Acapulco y Manila. Cabe recordar que las islas Filipinas formaban parte también del Virreinato de la Nueva España. Dado que en el puerto de Manila no se efectuaba ningún control de los embarques, la revisión aduanal se realizaba en Acapulco.

El derecho de almojarifazo (impuesto a la importación) se estableció justo en el Virreinato de la Nueva España, dicho tributo fue tan relevante que la Corona española dictó sobre la materia numerosas cédulas reales, decretos y ordenanzas, desde 1532 a 1817, mismas que regulaban la entrada y salida de mercancías; para lo cual incluso ya se habla de franquicias diplomáticas por la introducción de mercancías foráneas.

El primer documento legal del México independiente fue el *Arancel General Interno para los Gobiernos de las Aduanas Marítimas en el Comercio Libre del Imperio*, publicado el 15 de diciembre de 1821. En este documento se designaron los puertos habilitados para el comercio, se especificó el trabajo que debían realizar los administradores de las aduanas, los resguardos y los vistazos; además se plantearon las bases para la operación del arancel, estableciendo que los géneros, las mercancías de importación prohibida y las libres de gravamen quedaban a criterio de los administradores de las aduanas. La Sección de Aduanas se encontraba adscrita a la Secretaría de Estado y del Despacho de Hacienda.

Por disposición presidencial se creó la Aduana de México en 1884 y se instaló el 8 de mayo en el antiguo edificio de la Casa de Contratación y de la Real Aduana en la plaza de Santo Domingo. El 1 de marzo de 1887 se expidió una nueva Ordenanza General de Aduanas Marítimas y Fronterizas con dos

anexos: en el primero apareció en forma separada la tarifa general; el segundo contenía la aplicación de la tarifa.

Actualmente las aduanas alrededor del mundo han sufrido un proceso de modernización donde entre las principales modificaciones resaltan el manejo, almacenaje y custodia de mercancías de comercio exterior, el ingreso o extracción de mercancías por vía postal, el reconocimiento aduanero de mercancías, la valoración aduanera, la garantía de contribuciones para el régimen de tránsito de mercancías, los procedimientos administrativos y las infracciones aduaneras, la instalación de equipo de alta tecnología y los sistemas de control (videos, aforos y rayos X), etc.; siendo quizás los más importantes cambios la implementación del sistema automatizado aduanero integral, así como el sistema de selección automatizado en los reconocimientos usualmente conocido como semáforo fiscal. En el año 2013 el secretario general de la Organización Mundial de Aduanas (OMA, 2013c) seleccionó la innovación como el eslogan para ese año: “*Innovations for customs progress*”.

La innovación es fundamental para el éxito de las aduanas, no sólo para asegurar el funcionamiento de la dinámica de las aduanas, sino también para enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades que presenta el siglo XXI acorde con la OMA (2013d).

No obstante, no todas las aduanas han implementado los cambios antes mencionados con la misma rapidez o recursos; un ejemplo claro de esta aseveración es el caso de las aduanas mexicanas que implementaron el sistema de la ventanilla única a mediados de 2012 y que a la fecha sigue sufriendo algunos ajustes, por lo que no se puede afirmar que funciona al 100% al día de hoy, lo cual contrasta con la implementación en Singapur (como el primer país) de operaciones de manera electrónica del proceso de desaduanamiento para el comercio desde 1989.

Actualmente las aduanas están confrontadas a un entorno en rápida mutación: evolución de los modos de producción y de consumo, intensificación de los intercambios comerciales internacionales, nuevas amenazas mundiales (delincuencia organizada, cambios climáticos, etcétera). En este contexto, las aduanas desempeñan un papel esencial garantizando un equilibrio permanente entre la protección de la sociedad y la simplificación de los intercambios comerciales (Zamora y Navarro, 2015). Siendo la innovación un elemento esencial de la reforma y la modernización sostenibles de las aduanas, puesto que permite asegurar el cumplimiento de todas las funciones de las mismas,

permitiendo confrontar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece el comercio internacional (OMA, 2013b).

Sin embargo, surge la pregunta ante la implementación de todas estas medidas ya mencionadas: ¿las aduanas son eficientes en la administración de sus recursos debido a los *outputs* que generan?, de ahí que la presente investigación tiene por objetivo identificar el grado de eficiencia o ineficiencia de las aduanas de 18 países de la región Asia Pacífico, incluyendo las aduanas de México, así como determinar el cambio tecnológico de las aduanas de la región antes mencionada tomando como referencia el cambio tecnológico de los años 2014 y 2015.

El presente trabajo se divide en cuatro apartados. En el primero se hace una introducción al tema así como determinación del objetivo general de investigación. En el segundo apartado se describe la metodología a emplear para llevar a cabo el objetivo planteado. En el tercer apartado se presentan los resultados; y finalmente en el cuarto se exponen las conclusiones derivadas del trabajo de investigación.

## **II. Las aduanas de la región APEC**

Como parte de las 179 economías miembros de la Organización Mundial de Aduanas, los países que integran el Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico, conocido como APEC por sus siglas en inglés, tienen procedimientos similares en lo que respecta a la administración de aduanas, instalaciones y manejo en general. No obstante, los países pertenecientes a APEC realizan notables esfuerzos de coordinación aduanera.

El Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico cuenta con un Subcomité de Procedimientos Aduaneros (SCCP) establecido en 1994 derivado del Comité de Comercio e Inversión y cuyo objetivo principal es simplificar y armonizar los procedimientos aduaneros regionales para asegurar que los bienes y servicios se muevan de manera eficiente, efectiva y segura a través de la región, así como conciliar y facilitar el control de fronteras (APEC, 2016).

Los avances realizados por el SCCP pueden dividirse en tres grandes etapas: la primera fase correspondería a la adopción de “Facilitación, rendición de cuentas, la coherencia, la transparencia y la simplificación” (APEC, 2016) como sus principios rectores básicos; la segunda fase que abarca el periodo 2002-2010 corresponde a un esfuerzo constante en la aplicación de los dos planes de facilitación del comercio, y la tercera etapa que comprende del año

2010 a 2015 se enfoca en el marco de conectividad de la cadena de suministro así como la Visión de Yokohama —desde 2010 (APEC, 2016).

La comunidad de aduanas de los países miembros de APEC ha contribuido en gran medida a la reducción de costos de las transacciones comerciales así como a la mejora de la cadena de suministro entre países miembros de APEC. Siendo que en 2013 los líderes de APEC se comprometieron a diferentes medidas al respecto, entre las que destacan la promoción de sistemas de ventanilla única para la modernización de los procedimientos aduaneros, logrando una mayor conectividad en Asia Pacífico promoviendo la cooperación de las aduanas en la región de APEC en un enfoque sistemático para avanzar en las siguientes áreas (APEC, 2013):

- a) Promoción de la conectividad y la facilitación comercial. A través de la implementación del Acuerdo de Facilitación Comercial de la Organización Mundial de Comercio (OMC); las ventanillas únicas; y la implementación de tránsito en aduanas por medio de guías, logrando la armonización de la circulación del comercio entre economías APEC, creando un entorno facilitador para el despacho de aduana y normas de tránsito y en general la eficiencia y seguridad de la cadena de suministro.
- b) Reforzar y asegurar la aplicación de la ley. Mejorando la protección de derechos de propiedad intelectual, aumentando el intercambio tecnológico y el establecimiento de mecanismos para la investigación.
- c) Cooperación estrecha con el sector privado para mejorar la seguridad del comercio. A través del Operador Económico Autorizado (AEO) así como aumentar la conciencia del control de riesgos en el comercio electrónico en la comunidad de las aduanas en la región de APEC y promover la cooperación con la comunidad empresarial mediante la elevación del nivel de intercambio de información sobre las mejores prácticas.
- d) La aplicación de tecnología para mejorar la eficiencia del control de las aduanas.

Es notoria la importancia de la eficiencia en las aduanas para la región APEC, así como la importancia del uso de tecnología para el logro de los objetivos planteados por los líderes APEC.

### **III. Metodología**

La eficiencia se mide como el grado mínimo de recursos utilizados asociado a un máximo nivel de *outputs* generados, logrando una optimización bajo ciertas condiciones impuestas como pueden ser precios y la tecnología. De este tipo de análisis se desprende una frontera o límite derivado de las observaciones realizadas de cada uno, de las unidades consideradas que pueden ser empresas, instituciones, países, regiones, etcétera.

Cuando dicho óptimo está definido por la función de producción, a la medida de eficiencia que se obtiene se le denomina eficiencia técnica. Mientras que si la comparación se realiza considerando un óptimo de índole económica (como pueden ser costos, maximización de ingresos o beneficios), la medida de eficiencia que resulta de aplicar el modelo se denomina eficiencia económica.

Dado que el trabajo se realiza considerando como unidades de comparación las diferentes administraciones aduaneras y el fin último de éstas no es perseguir una maximización de ingresos sino más bien el adecuado uso de los recursos gubernamentales para mejorar la productividad de las actividades realizadas en las aduanas y por ende generar una mayor facilitación del comercio internacional, se realizará la estimación del cambio productivo utilizando índices de Malmquist.

El primero en utilizar la idea de Malmquist para la comparación de una institución en dos momentos diferentes de tiempo dado fue Moorsteen en 1961, cuando buscaba ver cómo un *input* puede ser deflactado para producir el nivel observado de *output* del otro periodo.

Caves, Christensen y Diewert en 1982 establecieron la relación entre los índices de Malmquist (1953) y Törnqvist (1936), desarrollando el índice de Malmquist a través de dos enfoques, uno analizando las diferencias de productividad como las diferencias en el máximo *output* alcanzable dado cierto nivel de *inputs* conocido como índice de Malmquist de productividad basado en el *output*, y el segundo enfoque donde analiza las diferencias de productividad como las diferencias en el mínimo nivel de *inputs* que permite producir ciertos niveles de *outputs* determinados, siendo éste el índice de Malmquist de productividad basado en el *input*.

Berg, Forsund y Jansen (1992) hicieron la conexión entre los conceptos de función de distancia y las medidas de eficiencia de Farrell (1957); a partir de ahí se pudieron observar las unidades analizadas ineficientes, sustituyendo el concepto de frontera tecnológica por tecnología.

El modelo a utilizar en el presente trabajo es el de índice de Malmquist de productividad basado en el *input*; la justificación reside en que al ser las unidades de análisis organismos públicos, se parte de que el máximo beneficio tendría que ser un mayor flujo comercial o, dicho de otro modo, una mayor entrada y salida de productos en los diferentes territorios nacionales, por lo que no cabría esperar una reducción o un *output* estable, sino por el contrario, una minimización de los recursos empleados por el gobierno en la administración aduanera, que se traduciría teóricamente en un aumento de recursos disponibles en otros sectores que también coadyuven al crecimiento económico de los países. Adicionalmente, acorde con Lovell (1993), a pesar de que la exogeneidad no es un problema estadístico en el modelo DEA en el sentido que lo es para los modelos económétricos, la elección entre las medidas orientadas en *inputs* o en *outputs* se someten a las mismas consideraciones. Por lo que la administración aduanera de los diferentes países objeto de estudio están sujetas a condiciones de demanda, ajustando libremente sus *inputs*; el modelo orientado a los *inputs* sería pues el más apropiado.

Para ilustrar el cálculo del índice de Malmquist, supóngase que la función de transformación que describe la tecnología de las empresas en cada periodo es:

$$F_t(Y^t, X^t) = 0 \quad t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Donde  $y^t = (y_{1,t}^t, \dots, y_N^t) \in R_N^+$  es el vector de *outputs* y  $x^t = (x_1^t, \dots, x_M^t) \in R_M^+$  denota el vector de *inputs* correspondientes ambos al periodo  $t$ .

La tecnología puede ser representada de una forma más conveniente a través de la “función distancia de *input*” utilizada por Caves *et al.* (1982):

$$D^r(y^s, x^s) = \text{Max } \mu_{rs} \left[ \mu_{rs} : F_r \left( y^s, \frac{x^s}{\mu_{rs}} \right) = 0 \right] \quad r, s = 1, \dots, T ; \quad r < s \quad (2)$$

En donde el escalar  $\mu_{rs}$  es la máxima deflación del vector de *inputs* del periodo  $s$  ( $x^s$ ) tal que el vector *inputs* deflactado resultante  $x^s/\mu_{rs}$  y el vector de *outputs* ( $y^s$ ) estén en la frontera del periodo  $r$ . Si  $r = s$  se está comparando cada empresa con la frontera del periodo al que pertenece, por lo que la función distancia de *input*  $D^r(y^r, x^r) \geq 1$  siendo igual a la unidad en el caso de que la empresa evaluada sea eficiente y, por tanto, se encuentre en la frontera. Por el contrario, si  $r \neq s$  la función distancia puede tomar valores inferiores

a la unidad, ya que la observación pertenece a un periodo diferente del de la frontera con la cual se está comparando (frontera de referencia).

El índice de Malmquist de productividad basado en los *inputs*, tomando la tecnología del periodo r como referencia se define como:

$$M^r(y^s, x^s, y^r, x^r) = \frac{D^r(y^r, x^r)}{D^r(y^s, x^s)} \quad (3)$$

Un  $M^r > 1$  indica que la productividad del periodo s es superior a la del periodo r, puesto que la deflación necesaria del vector de *inputs* del periodo r para estar en la frontera del periodo r es superior a la aplicable al vector de *inputs* del periodo s para que esté en la frontera del periodo r. Por el contrario, un  $M^r < 1$  indica que la productividad ha descendido entre los periodos r y s.

Los números índices han sido frecuentemente utilizados para analizar el cambio productivo. Los más utilizados son el índice de Fisher (1922), el índice de Törnqvist (1936), y el índice de Malmquist (1953). Las ventajas de la utilización de los números índices del tipo Fisher y Törnqvist es que pueden ser calculados sin recurrir a la estimación de la tecnología subyacente, sino que únicamente precisan datos de cantidades (de *outputs* o de *inputs*) y de precios.

Como señalan Grifell y Lovell (1993b), el índice de Malmquist presenta tres ventajas frente al de Fisher y Törnqvist. En primer lugar, no necesita suponer comportamiento minimizador de costes o maximizador de ingresos. En segundo lugar, no precisa de datos relativos o precios, lo cual es una gran ventaja, sobre todo en aquellos casos en los que existan graves carencias estadísticas, o simplemente en los casos en los que la existencia de regulaciones sobre los mismos y/o presencia de poder de mercado reflejado en los precios hagan desaconsejable su utilización. Por último, permite la descomposición del cambio productivo en cambio en la eficiencia técnica (*catching-up*) y cambio técnico (o desplazamiento de la frontera), siendo éste el objetivo central del presente trabajo. El inconveniente principal que presenta el índice Malmquist es que para su cálculo individual precisa, según se ha visto, el previo cálculo de la distancia, por lo que requiere la estimación de la función de producción.

La descomposición del cambio productivo en cambio en la eficiencia técnica y progreso (regreso) técnico fue una cuestión abordada por Nishimizu y Page (1982). Estos autores analizaron el sector industrial de la antigua Yugoslavia en el periodo 1965-78 mediante la especificación, y posterior estimación por

métodos de programación matemática, de una función de producción *translong* imponiendo rendimientos constantes a escala.

Después de este trabajo pionero, Berg y colaboradores (1992) obtienen una similar descomposición del cambio productivo utilizando el índice de Malmquist. Para su estimación emplean la técnica no paramétrica determinista del modelo DEA, mucho más flexible que la técnica paramétrica empleada por Nishimizu y Page (1982).

Desde entonces las aportaciones empíricas y teóricas más relevantes de la referida metodología corresponden a los trabajos de Grifell y Lovell (1993a), que aplican la metodología de Berg y colaboradores (1992) para analizar el cambio productivo de las cajas de ahorro españolas, Grifell y Lovell (1993b) en donde se propone una descomposición alternativa que permite analizar adicionalmente la posible presencia de sesgo tecnológico, y Grifell-Tajte y Lovell (1996) en donde se demuestra que el índice de Malmquist ofrece una medida imprecisa del cambio productivo cuando los rendimientos a escala no son constantes.

La referida descomposición del índice de Malmquist en el efecto *catching-up* y desplazamiento de la frontera puede expresarse como (Berg *et al.*, 1992; Grifell y Lovell, 1993a, 1993b; Lovell, Walters y Wood, 1994):

$$M_r(y^s, x^s, y^r, x^r) = \frac{D^r(y^r, x^r)}{D^r(y^s, x^s)} = \frac{D^r(y^r, x^r)}{D^r(y^s, x^s)} \cdot \frac{D^s(y^s, x^s)}{D^r(y^s, x^s)} \quad (4)$$

El primer cociente representa el acercamiento de las empresas a la frontera ocurrido entre los periodos r y s, mientras que el segundo término muestra el desplazamiento relativo de la frontera entre los dos períodos.

Si la empresa se encuentra en ambos períodos en sus fronteras respectivas, el primer término será igual a 1 y el cambio productivo experimentado entre los dos períodos vendrá explicado únicamente por el movimiento de la frontera. Por el contrario, si el segundo término es 1 (la frontera no se ha desplazado), los cambios de productividad estimados por  $M_r$  vendrán explicados únicamente por los cambios en la eficiencia de las empresas en ambos períodos (*catching-up*). En los demás casos los cambios productivos reflejados en  $M_r$  serán una mezcla de cambios en la eficiencia y desplazamientos de la frontera.

Färe y Lovell (1978) formalizaron la relación existente entre la función distancia de *input* y las medidas de Farell ahorradoras de *inputs*  $E_{r_r}(y^r, x^r)$ , y demostraron que la función distancia es igual a la inversa de la medida de Farell ahorradora de *inputs*  $D^r(y^r, x^r) = [E_{r_r}(y^r, x^r)]^{-1}$

Dado que en el caso de rendimientos constantes a escala se cumple que  $\frac{x_r^s}{x_r^r} = y^s/y^r$  el índice de Malmquist puede ser escrito en este caso como:

$$M_r(y^s, x^s, y^r, x^r) = \frac{D^r(y^r, x^r)}{D^r(y^s, x^s)} = \frac{E_{rs}}{E_{rr}} = \frac{\frac{x_r^s}{x_r^r}}{\frac{y^s}{y^r}} = \frac{\frac{x_r^s}{x_r^r}}{\frac{y^s}{y^r}} \quad (6)$$

Que en este caso se reduce a un simple *ratio* de índices de productividad de los periodos r y s.

Para este sencillo ejemplo, la descomposición del índice de Malmquist en el efecto *catching-up* (CU) y el cambio técnico o desplazamiento de la frontera (DF) puede expresarse como:

$$M_r(y^s, x^s, y^r, x^r) = \frac{E_{rs}}{E_{rr}} = \frac{E_{ss}}{E_{rr}} \cdot \frac{E_{rs}}{E_{ss}} = CU(y^s, x^s, y^r, x^r) \cdot DF(y^s, x^s, y^r, x^r) \quad (7)$$

En donde el *catching-up* o acercamiento relativo a la frontera ocurrido entre el periodo r y s sería  $CU(y^s, x^s, y^r, x^r) = \frac{E_{ss}}{E_{rr}} = (x_s^s/x_s^r)/x_r^r/x_r^s$ <sup>8</sup> y el desplazamiento de la frontera entre los dos periodos vendría expresado por  $DF(y^s, x^s, y^r, x^r) = \frac{E_{rs}}{E_{ss}} = (x_s^r/x_s^s)/(x_s^s/x_s^r) = x_s^r/x_s^s$ <sup>9</sup>.

Antes de utilizar un modelo DEA como herramienta para medir la eficiencia es necesario tomar en consideración diferentes aspectos, tales como la orientación del modelo, si se considerarán retornos constantes o variables a escala y la selección de *inputs* y *outputs* a utilizar, así como el número de los mismos.

En este apartado ya se ha mencionado al inicio del mismo la importancia de la racionalización de los recursos, así como la situación financiera y económica de la mayoría de los países como producto de la crisis de 2008, por lo que resulta más adecuado utilizar un modelo con orientación *input*.

Los modelos DEA pueden asumir retornos constantes de escala (CRS) o retornos variables de escala (VRS). Sin embargo, no es posible determinar con un buen nivel de confianza antes de seleccionar un modelo en lugar de otro cuál es el más apto, por esta razón algunos autores afirman que es recomendable realizar pruebas con ambos modelos (CRS y VRS). Cuando los resultados de ambos modelos coinciden en gran medida, es entonces mejor

utilizar el modelo de retornos constantes de escala (CRS), de lo contrario es más adecuado utilizar retornos variables de escala (VRS) (Mohammady, 2006). Una vez realizados los cálculos con ambos métodos, se seleccionó el modelo DEA de retornos constantes de escala (CRS) como el más adecuado para el presente estudio.

Otra de las limitantes de los modelos DEA es el número total de *inputs* y *outputs* que se pueden utilizar para el análisis. Específicamente, es recomendable que el número de DMU<sup>2</sup> a ser analizadas (en este caso aduanas) sea al menos tres veces más grande que el número en suma de *inputs* y *outputs* incluidos en el análisis (Cooper, Seiford y Tone, 2006). Esta limitante implica de entrada un problema al tratar de seleccionar los *inputs* y *outputs* más relevantes, para lo cual se consultó información de los reportes de la Organización Mundial de Comercio (OMC) y la Organización Mundial de Aduanas (OMA), de donde se seleccionaron los siguientes *inputs* y *outputs*:

*Inputs:*

- Número de empleados.
- Número de declaraciones de importación realizadas en papel.
- Número de declaraciones de exportación realizadas en papel.
- Número de declaraciones de importación realizadas electrónicamente.
- Número de declaraciones de exportación realizadas electrónicamente.

Los *inputs* seleccionados se consideraron tomando en cuenta dos factores: el primero es que los recursos humanos son la base de cualquier organización para promover estrategias de crecimiento y reforzar actividades de cambio e innovación (Marušić, 2001). Las habilidades, capacidades, calidad y ética están entre las características más significativas y determinantes de la eficiencia de cualquier organización, incluyendo las aduanas (Benazic, 2012). Y el segundo corresponde a la naturaleza de la propia investigación, es decir, dado que en la presente investigación se busca mediar el cambio tecnológico como variable de influencia en la eficiencia de las aduanas, partiendo de la aplicación de los diferentes mecanismos recientemente implementados en las aduanas como se mencionó en el apartado I y II, se considera el nivel de implementación tanto en importaciones como en exportaciones a partir del número de declaraciones realizadas electrónicamente o todavía en papel, lo

---

2. Unidades de toma de decisión.

que de otro modo sería un cambio total o parcial a los nuevos sistemas ya mencionados en el apartado dos de este documento, tales como las ventanillas únicas y operador económico autorizado (AEO).

*Outputs:*

- Valor de las importaciones.
- Valor de las exportaciones.
- Volumen de las importaciones.
- Volumen de las exportaciones.

Por su parte, la selección de *outputs* obedece al fin último de las operaciones aduaneras: la facilitación comercial y por ende un mayor flujo de productos en los mercados internacionales, por lo que será importante medir el nivel de comercio internacional que se tiene (exportaciones e importaciones) considerando tanto el valor de la mercancía comercializada como el volumen de la misma.

#### **IV. Resultados**

Los resultados del análisis realizado a través del modelo DEA y el método de Malmquist se presentan en el cuadro 1 a partir de la columna tres (C3).

La columna 3 y 4 muestran el grado de eficiencia de los países analizados para los períodos 2014 y 2015, respectivamente. En el año 2014 únicamente Brunei y Singapur mostraron ser eficientes, mientras que para el año 2015 los países que tienen una puntuación de eficiencia son Brunei, Chile, Nueva Zelanda, Perú, Filipinas y Singapur; lo cual denota que hubo un aumento en la eficiencia de los países analizados, ya que como se puede observar en la columna cuatro (C4) todos los países mejoraron sus puntuaciones a pesar de que no todos alcanzaron a ser eficientes, exceptuando el caso de Indonesia que mostró un valor más bajo para 2015. En cuanto a los países más ineficientes, son Estados Unidos, Canadá, Japón, China y México tanto para el año 2014 como para 2015, mientras que Australia y Malasia muestran los valores más bajos o más altas ineficiencias únicamente en 2014. Esto se corrobora en la columna 5, donde se muestra la media geométrica de la eficiencia de ambos períodos, ya que en orden ascendente el valor de las cinco medias más bajas lo obtuvieron la aduana de Estados Unidos, seguida por Canadá, Japón, China y México.

*Cuadro 1*  
 Resultados de eficiencia de las aduanas de la región APEC  
 con DEA Malmquist (2014-2015)

NO	DMU		Eficiencia (2014)	Eficiencia (2015)	Eficiencia(t): media geométrica	Eficiencia (2015-1)	Eficiencia (2014+1)	Eficiencia cambio (2014 a 2015)	Cambio tecnológico (2014 a 2015)	Índice Malmquist (2014 a 2015)
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
1	Australia	0.12	0.55	0.26	0.14	0.57	4.43	0.24	1.06	
2	Brunei Darussalam	1.00	1.00	1.00	1.10	13.54	1.00	0.29	0.29	
3	Canadá	0.07	0.11	0.09	0.04	0.11	1.44	0.50	0.73	
4	Chile	0.49	1.00	0.70	0.50	2.06	2.02	0.35	0.70	
5	China	0.08	0.21	0.13	0.08	0.20	2.70	0.38	1.02	
6	Corea del Sur	0.30	0.45	0.37	0.33	0.41	1.49	0.74	1.11	
7	Hong Kong, China	0.17	0.28	0.22	0.18	0.27	1.71	0.62	1.06	
8	Indonesia	0.24	0.20	0.22	0.15	1.52	0.81	0.35	0.28	
9	Japón	0.08	0.17	0.11	0.08	0.10	2.18	0.61	1.33	
10	Malasia	0.10	0.27	0.16	0.09	0.29	2.82	0.33	0.92	
11	México	0.10	0.20	0.15	0.10	0.22	1.97	0.48	0.96	
12	Nueva Zelanda	0.52	1.00	0.72	0.59	0.93	1.94	0.57	1.11	
13	Perú	0.60	1.00	0.78	0.95	0.95	1.66	0.78	1.29	
14	Filipinas	0.51	1.00	0.71	0.51	1.07	1.96	0.49	0.96	
15	Rusia	0.14	0.31	0.21	0.21	0.21	2.23	0.66	1.46	
16	Singapur	1.00	1.00	1.00	1.04	1.01	1.00	1.01	1.01	
17	Tailandia	0.18	0.56	0.32	0.16	0.58	3.03	0.30	0.91	
18	Estados Unidos	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	2.84	0.36	1.03	
	Media geométrica	0.20	0.37	0.27	0.20	0.48	1.90	0.47	0.89	

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del análisis DEA y DEA Malmquist.

Derivados de los resultados, dos índices de Malmquist se obtienen dependiendo del año base que se tome como referencia. Al tomar como referencia la frontera 1 (2014) se obtienen los resultados de la columna 6, mientras que los resultados de la columna 7 muestran los valores obtenidos tomando la frontera

2 (2015) y adoptar los métodos de análisis de Caves y colaboradores (1982) para el cálculo del índice Malmquist, Färe, Grosskopf y Lovell (1994). Dichos resultados muestran fronteras adyacentes como una frontera conjunta o frontera-bienal. La fórmula para la frontera de la columna 6 es  $Eficiencia(2015-1)=E^{2014U2015}(x^{2015}, y^{2015})$ , por otra parte la fórmula para la eficiencia obtenida en la columna siete es  $Eficiencia(2014+1)=(E^{2014U2015}(x^{2014}, y^{2014})...;$ ; dicho de otro modo, la columna 6 toma como referencia la frontera de eficiencia para el año 2015 o columna 4 y por ende de eficiencia (2015 - 1) son más bajos; por otra parte la columna 7 toma como referencia los valores de eficiencia para el año 2014 o columna tres.

Los valores más importantes resultado del análisis DEA Malmquist plasmados en el cuadro 1 son los valores del cambio tecnológico del año 2014 al año 2015 y el índice Malmquist (columnas 9 y 10).

El modelo utilizado se basa en el concepto de eficiencia técnica como objetivo del cambio tecnológico, que en algunos sectores cumple un papel clave para la mejora de la productividad; justamente los valores obtenidos del cambio tecnológico (columna 9) permiten observar el grado de proceso en la tecnología de producción empleada en este caso por las aduanas. Cabe señalar que la tecnología de producción es generalmente progresiva, por lo que cabría esperar un aumento continuo de este valor; no obstante, entre más grande sea el valor, mayor cambio tecnológico está ocurriendo en esa aduana en particular.

Los resultados muestran que las aduanas con un mayor cambio tecnológico son, en primer lugar, la de Singapur con un valor de 1.01 seguida en orden descendente de las aduanas de Perú, Corea, Rusia, Hong Kong, Japón y Nueva Zelanda como las aduanas con los valores más altos. Por otra parte, las aduanas con los valores más bajos de cambio tecnológico del año 2014 a 2015 son Australia, Brunei, Tailandia, Malasia, Indonesia y Chile.

El índice de productividad de Malmquist genera una frontera de posibilidades de producción para cada periodo, en este caso 2014 y 2015, a fin de analizar los cambios en la productividad de cada una de las DMU en los periodos. La medición del índice de Malmquist representa el crecimiento de la productividad total de los factores de una unidad de toma de decisiones, en este caso aduanas, en donde se refleja el progreso o retroceso en la eficiencia, y por otra parte el progreso o retroceso de la frontera tecnológica entre dos periodos de tiempo bajo el marco de múltiples entradas y salidas (Cooper, Seiford y Tone, 2007). De tal manera que un coeficiente mayor a 1

representa un cambio o progreso en la productividad total de los factores de la unidad analizada, un valor igual a 1 representa un valor constante en la productividad, y finalmente un valor inferior a 1 representa un deterioro en la productividad total de los factores.

Por tanto, los resultados del índice de Malmquist para el presente análisis muestran que las aduanas con un progreso en la productividad total de los factores para el año 2015 fueron las de los siguientes países en orden descendente: Rusia, Japón, Perú, Nueva Zelanda, Corea, Hong Kong, Australia, China, Estados Unidos y Singapur.

## V. Conclusiones y discusión

Las aduanas sin lugar a dudas cumplen un papel sumamente importante en el comercio internacional, por lo que su modernización implica una mejora en el comercio exterior de los países que están implementando dichas mejoras. El paso por la aduana es una etapa fundamental y obligatoria en el comercio entre los países, puesto que permite vigilar, controlar y proteger a las naciones de posibles afectaciones a través del comercio de mercancías de orden ilegal, que dañen la planta productiva doméstica, o hasta afectaciones a la salud de las personas así como a la flora y fauna de los países.

Sin embargo, las aduanas tienen también la función de ser una entidad facilitadora en términos de comercio exterior. Hoy en día las aduanas buscan implementar un gran número de controles de una manera rápida y eficiente, de ahí que una aduana con un rápido proceso de desaduanamiento permitirá un mayor flujo de mercancía tanto de importación como de exportación, permitiendo a los productos que transitan a través de ella ser más competitivos internacionalmente. En ese sentido el presente trabajo muestra 18 aduanas suscritas a países que conforman la APEC, con la finalidad de determinar cuáles aduanas son eficientes en la administración de sus recursos, dados los *outputs* que generan. Identificando el grado de eficiencia o ineficiencia de las aduanas de 18 países de la región Asia Pacífico, incluyendo las aduanas de México, así como determinar el cambio tecnológico en cada una de las aduanas de la región antes mencionada tomando como referencia del cambio tecnológico los años 2014 y 2015.

Dando respuesta a la pregunta de investigación y acorde con los resultados de la misma, se puede decir que las aduanas más eficientes en el periodo analizado (2014 y 2015) son las de Brunei y Singapur, mientras que únicamente en

el año 2015 mostraron valores de eficiencia las aduanas de Nueva Zelanda, Perú, Filipinas y Chile.

Asimismo, el cuadro 1 permite identificar el grado de eficiencia o ineficiencia de cada una de las aduanas que forman parte del estudio, donde México muestra un valor de 0.10 para 2014 y un valor de 0.20, por lo que se puede concluir que a pesar de que México ha mejorado sus valores relativos al uso de sus recursos, dados los *outputs* analizados, todavía es necesario que mejore su eficiencia en un 80% a fin de ser eficiente respecto del valor mostrado para 2015.

Otro de los objetivos del análisis es determinar el cambio tecnológico en cada una de las aduanas de la región antes mencionada tomando como referencia del cambio tecnológico los años 2014 y 2015. Dicho resultado se puede observar en la última y penúltima columnas (C9 y C10), donde se observa que los países con mayor cambio tecnológico tienen a su vez una mayor productividad total de los factores y, salvo el caso de Australia, China y Estados Unidos, son los países con mejores ponderaciones. Dichos resultados muestran que los procesos de innovación y cambio tecnológico son fundamentales para la mejora de la productividad en las aduanas y que a pesar de que no son el único factor que puede incidir en la mejora de eficiencia, son factores altamente impactantes en el desempeño de las mismas.

Cabe resaltar que la gran mayoría de los países alrededor del mundo han implementado diferentes estrategias, mejorando a través de la innovación y cambio tecnológico sus procesos aduanales coordinados por la Organización Mundial de Aduanas y sus propios gobiernos federales, así como diferentes organismos como la APEC, por lo que metodologías como la aplicada para este estudio de cambio tecnológico a través del índice de Malmquist son idóneas para realizar mediciones en pro de la autoevaluación de dichos esfuerzos.

Las aduanas más eficientes en el periodo analizado (2014 y 2015) son las de Brunei y Singapur, mientras que únicamente en el año 2015 mostraron valores de eficiencia las aduanas de Nueva Zelanda, Perú, Filipinas y Chile

## Referencias bibliográficas

- APEC. (2013). *Customs competitiveness. Elements for Simplifying Customs Documents and Procedures Relating to Rules of Origin*. Recuperado de <http://publications.apec.org>. Consulta 10 de marzo de 2016.
- . (2016). *APEC Secretariat. Sub-Committee on Customs Procedures*. Recuperado de <http://www.apec.org/Groups/Committee-on-Trade-and-Investment/Sub-Committee-on-Customs-Procedures.aspx>. Consulta 10 de marzo de 2016.
- Benazic, A. (2012). Measuring efficiency in the Croatian customs service: A data envelopment analysis approach. *Financial Theory and Practice*, 36(2): 139-178. doi: 10.3326/fintp.36.2.2
- Berg, S. A., Forsund, F. R., y Jansen, E. S. (1992). Malmquist indices of productivity growth during the deregulation of Norwegian banking, 1980-1989. *Scandinavian Journal of Economics*, núm. 94, pp. S211-S228.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., y Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econométrica*, 50(6): 1393-1414.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., y Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and its Uses*. Nueva York: Springer.
- . (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Nueva York: Springer.
- Färe, R., Grosskopf, S., y Lovell, C. A. K. (1994). *Production Frontiers*. Cambridge University Press.
- Färe, R., y Lovell, C. A. K. (1978). Measuring the Technical Efficiency of Production. *Journal of Economic Theory*, núm. 19, pp. 150-162.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A General*, 120(3): 253-290.
- Fisher, I. (1922). *The Making of Index Numbers*. Estados Unidos: Boston/Nueva York: Houghton Mifflin Company.
- Grifell, E., y Lovell, C. A. K. (1993a). *A New Decomposition of the Malmquist Productivity Index*. Working Paper, 93-04, octubre. Estados Unidos: University of North Carolina-Department of Economics.
- . (1993b). *Deregulation and Productivity Decline: The case of Spanish Saving Banks*. Working Paper, 93-02, junio. Estados Unidos: University of North Carolina-Department of Economics.

- . (1996). Deregulation and Productivity Decline: The Case of Spanish Saving Banks. *European Economic Review*, 40(6): 1281-1303.
- Lovell, C. A. K. (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. En: Fried, H. O., Lovell, C. A. K., y y Schmidt, S. S. (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications* (pp. 3-67). Estados Unidos: Oxford University Press.
- Lovell, C. A. K., Walters, L. C., y Wood, L. L. (1994). Stratified Models of Education Production Using Modified DEA and Regression. En: Charnes, A., Cooper, W. W., Levin, A. Y., y Seiford, L. M. (Eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications* (pp. 329-351). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Malmquist, S. (1953). Index Numbers and Indifference Surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2): 209-242.
- Marušić, S. (2001). *Upravljanje Ljudskim Potencijalima [Gestión de recursos humanos]*. Zagreb: Ekonomski Institut [Instituto de Economía].
- Mohammady, R. (2006). A data envelopment analysis approach based on total cost of ownership for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 19(6): 662-678.
- Moorsteen, R. H. (1961). On Measuring Productive Potential and Relative Efficiency. *Quarterly Journal of Economics*, 75(3): 451-467.
- Nishimizu, M., y Page, J. M. (1982). Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimension of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78. *The Economic Journal*, núm. 92, pp. 920-936.
- OMA. (2013a). Innovation for Customs Progress. *WCO News*, núm. 70, febrero. Recuperado de <http://www.wcoomd.org/en/media/wco-news-magazine/~/media/f589ca538a474c42bcb39641b5dc692d.pdf>
- . (2013b). *Mensaje de la Organización Mundial de Aduanas. Día Internacional de la Aduana 2013*. Bélgica: OMA.
- . (2013c). *Organización Mundial de Comercio*. Recuperado de <http://www.wto.org/indexsp.htm>. Consulta 10 de marzo de 2016.
- . (2013d). *World Customs Organization: Annual Report 2011-2012*. Recuperado de <http://www.wcoomd.org/en/about-us/what-is-the-wco/annual-reports.aspx>
- Törnqvist, L. (1936). The Bank of Finland's Consumption Price Index. *Monthly Bulletin*, núm. 10, pp. 1-8. Finlandia: Bank of Finland.

Zamora, A., y Navarro, L. (2015). Competitividad de la administración de las aduanas en el marco del comercio internacional. *Contaduría y Administración*, 60(1): 205-228.