



EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR REAL DE LA ECONOMÍA COLOMBIANA *

The evolution of productivity in companies of the real sector of the Colombian economy

Gloria Isabel Rodríguez Lozano**
Universidad Nacional de Colombia

Recepción: 15 de febrero de 2017. Aceptación: 14 de abril de 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/Rev.Repub.2017.v22.a28>

RESUMEN

En este artículo se busca establecer la evolución de la productividad del sector real de la economía colombiana durante el último decenio, teniendo como base la información de las empresas pertenecientes al sector; mediante la metodología de índice de productividad de Malmquist. Los resultados muestran que en todos los periodos hubo una mejora en la productividad; que hay subsectores que se destacan por sus buenos resultados promedios: actividades de servicios administrativos y de apoyo, y el de actividades inmobiliarias. También se puede establecer que los subsectores con mejores resultados acumulados son: actividades inmobiliarias y construcción.

Palabras clave: índice de Malmquist, DEA, evolución de la productividad, medición de la ´productividad.

ABSTRACT

This article seeks to establish the evolution of the productivity of the real sector of the Colombian economy during the last decade, based on the information of the companies belonging to this sector; using the Malmquist productivity index methodology. The results show that in all periods there was an improvement in

* Artículo resultado del proyecto de investigación titulado: *Estudio de la eficiencia y la productividad de los sectores de la economía colombiana*, investigación desarrollada en el marco de los procesos de gestión académica, docente y científica de la Universidad Nacional de Colombia.

** Doctora en Ciencias Económicas. Magister en Ingeniería Industrial y Administradora de Empresas. Profesora Asociada de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: girodriguezl@unal.edu.co.

productivity. That there are subsectors that stand out for their good average results: Administrative and support services activities and Real-estate activities. It can also be established that the sub-sectors with the best-accumulated results are Real-estate activities and Construction.

Key words: malmquist index, DEA, evolution of productivity, measurement of productivity.

INTRODUCCIÓN

Las actividades económicas de los países están agrupadas en sectores y subsectores económicos; cada uno de ellos hace referencia a una determinada parte de estas actividades. La agrupación inicial está delimitada por el sector real y por el sector financiero y monetario. Se considera que dentro del sector real están contenidos por una parte, los sectores productivos (producen bienes tangibles) agrupados en el sector primario y el sector secundario; y por otra parte están incluidas algunas actividades del sector que se cree no productivo: el sector terciario (Banco de la República Colombia, 2006). Es necesario aclarar que en este no se produce bienes tangibles, pero que si contribuye a la formación tanto del ingreso nacional como del producto nacional.

El sector primario (o agropecuario) es aquel que obtiene el producto de sus actividades directamente de la naturaleza, sin ningún proceso de transformación. Dentro de este se encuentran: la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la caza y la pesca.

En el sector secundario (o industrial) están incluidas las actividades económicas de un país que tienen que ver con la transformación industrial de bienes, los cuales son utilizados como base para la fabricación de nuevos productos. Tradicionalmente se divide en dos sub-sectores: industrial extractivo e industrial de transformación. El industrial extractivo son las actividades de extracción del petróleo y mineras. El industrial de transformación incluye actividades como por ejemplo, fabricación de abonos y fertilizantes, vehículos, cementos, aparatos electrodomésticos, envasado de legumbres y frutas, embotellado de refrescos, etc.

En el sector terciario (o de servicios) se incluyen todas las actividades que no producen una mercancía como tal, pero que sin embargo son necesarias para el funcionamiento de la economía: el comercio, los restaurantes, los hoteles, el transporte, etc. Es importante aclarar que no todas las actividades del sector terciario están incluidas en el sector real (los servicios financieros no son parte de este). De tal manera que el estudio del sector real de un país es importante, pues contribuye decididamente a la formación del ingreso y del producto nacional.

De otra parte, el estudio de la productividad es cada vez más importante en cualquier análisis de las actividades económicas de los países. Es el indicador mediante el cual se mide la utilización de los recursos que se aplican en un proceso de transformación, vía obtener un determinado nivel de producto (Toma, Dobre, Dona & Cofas, 2015). Para (Toshiyuki, Mika & Manabu, 2013), la productividad debe ser entendida como la relación entre el nivel de producción obtenido y los recursos o insumos necesarios para lograrlo dentro de un escenario de transformación. Respecto a la medición de la productividad y la eficiencia en unidades productivas que utilizan un conjunto de recursos y producen más de una salida o producto, la metodología no paramétrica denominada Data Envelopment Analysis (DEA) ha venido siendo utilizada cada vez más frecuentemente; dos de las razones es que no es necesario pre-establecer la función de producción y que no se necesita información *a priori* sobre la importancia de los insumos y los productos (Lee & Kim, 2012).

Para (Cook & Seiford, 2009), una de las categorías en las que se clasifican los modelos DEA es la de la variación en los datos, dentro de esta categoría se encuentra la división de temporales, con el modelo: índice de productividad de Malmquist (Toshiyuki, Mika & Manabu, 2013) y (Sueyoshi & Goto, 2013).

El objetivo de esta investigación, es establecer la evolución de la productividad del sector real de la economía colombiana durante el último decenio, mediante la metodología de índice de productividad de Malmquist planteado por (Fare, Grosskopf, Norris & Zhang, 1994) teniendo como base la información de las empresas pertenecientes a este sector.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Aplicando la metodología Índice de Malmquist, se puede responder a los siguientes interrogantes:

¿Cuál ha sido el comportamiento de la productividad del sector real en Colombia durante el último decenio?

¿Dentro de este comportamiento, hay algún subsector que se destaque?

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

DEA se ha definido de diversas maneras por diferentes autores, una de las definiciones más icónicas es la hecha por (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978): es

una técnica no paramétrica usada para evaluar las eficiencias relativas de un conjunto de DMU (por sus siglas del inglés Decision Making Units). Adicionalmente es importante esta definición, ya que los autores de ella son quienes propusieron el primer modelo DEA: el modelo CRS (Constant Returns to Scale) que maneja retornos a escala de tipo constante. Otro de los modelos básicos es el modelo VRS (Variable Returns to Scale) que maneja retornos de escala crecientes, decrecientes y constantes, propuesto por (Banker, Charnes & Cooper, 1984).

DEA se ha aplicado en la medición de la eficiencia relativa de diferentes sectores económicos en variados escenarios y en diversos países, entre los más recientes: medición de la operación de servicios de alimentos en diferentes hospitales de Australia y Estados Unidos (Matawie & Assaf, 2010); medición en la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales en España (Sala-Garrido, Hernández-Sancho & Molinos-Senante, 2012); medición de las políticas ambientales y asignación de recursos en Estados Unidos (Macpherson, Principe & Shao, 2013); medición en refinерías de petróleo en Japón (Sueyoshi, 2000), sobre el mismo tema aplicado en Irak (Al-Najjar & Al-Jaybajy, 2012); medición en plantas de generación de energía en Estados Unidos (Sueyoshi & Goto, 2012); medición de la energía a base de carbón en China (Song, Li, Zhang, He & Tao, 2015); medición de las redes de distribución de electricidad en Irlanda (Mullarkey, Caulfield, McCormack & Basu, 2015); medición de la eficiencia energética medioambiental en países de la unión Europea (Suzuki & Nijkamp, 2016); medición de la eficiencia en la agricultura en 36 países (Toma, Dobre, Dona & Cofas, 2015); y medición del desempeño económico del azafrán en Grecia (Melfou, Loiziu, Oxouzi & Papanagiotou, 2015).

DEA parte del concepto de productividad expuesto por (Farrell, 1951), el cual se basa en el planteamiento que la productividad debe ser entendida como la relación entre el nivel de producción obtenido y los insumos o recursos aplicados para lograr este nivel; (Rodríguez, 2011, pág. 53) opina al respecto: "Farrell, con su trabajo *The Measurement of Production Efficiency* (1957), considerado seminal en esta disciplina, propuso grandes cambios en las formas de medir la eficiencia, puesto que hasta ese momento las herramientas disponibles se basaban prioritariamente en estimaciones mediante *Mínimos Cuadrados Ordinarios*". Luego, a partir de los planteamientos de Farrell y ampliándolos a un escenario de múltiples recursos (entradas) y de variados productos (salidas) y generando una frontera eficiente que está delimitada por aquellas DMU eficientes, diferentes autores plantean los modelos básicos ya especificados anteriormente y modelos más avanzados; el índice de Malmquist está en el segundo grupo de modelos y más exactamente en los

denominados modelos temporales. Para el concepto matemático de los modelos básicos de DEA, referirse a (Rodríguez, 2011).

El índice de Malmquist mide el cambio de productividad de una DMU entre dos periodos de tiempo; así mismo, permite distinguir entre los cambios en la frontera de producción o cambio tecnológico también denominado "Boundary shift" y los movimientos de las firmas hacia la frontera o cambio de la eficiencia relativa también denominado "Efficiency Catch".

La formulación matemática del índice utiliza funciones de distancia; suponga que la función que describe la tecnología de producción se da así:

$F(X, Y) = 0$ donde $X = (x_1, x_2, \dots, x_M)$ es el vector de las entradas y $Y = (y_1, y_2, \dots, y_S)$ es el vector de las salidas.

(Caves, Christensen & Diewert, 1982) definen la función de distancia de salida, así:

$D_0(X, Y) = \text{Min}_\mu [\mu : F(X, Y/\mu) = 0]$ donde μ_y es el cambio mínimo equi-proporcional en el vector de salida. D_0 mide en distancia el máximo cambio proporcional en la salida que se requiere para colocar (X, Y) en la frontera de eficiencia.

También definen el índice de productividad Malmquist basado en la producción para comparar el rendimiento de una unidad de producción en el período de tiempo t y $t + 1$ con referencia al período t de tecnología como:

$$M_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) = D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1}) / D_0^t(X_t, Y_t)$$

De tal manera que si:

$M_0 > 1$ indica una mayor productividad en el período $t + 1$ que en el período t .

$M_0 < 1$ significa una disminución de la productividad en el período $t + 1$ en comparación con t .

$M_0 = 1$ implica un estancamiento en la productividad entre el período t y $t + 1$.

(Fare, Grosskopf, Norris & Zhang, 1994) definen un índice que incorpora los índices de Malmquist en ambos periodos, esto lo sugieren para evitar que la elección del período de tiempo sea arbitraria. Plantean el índice de cambio de productividad de Malmquist como:

$$M_0(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) = \left[\left(\frac{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^t(X_t, Y_t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^{t+1}(X_t, Y_t)} \right) \right]^{1/2}$$

$$= \left(\frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^t(X_t, Y_t)} \right) \left[\left(\frac{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(X_t, Y_t)}{D_0^{t+1}(X_t, Y_t)} \right) \right]^{1/2}$$

Es el cambio en la eficiencia relativa entre t y t+1

Es el cambio tecnológico entre los dos períodos de tiempo evaluados en (X_t, Y_t) y (X_{t+1}, Y_{t+1}) .

En términos de programación matemática:

$$[D_{0r}(X_{t+1}, Y_{t+1})]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{s.a. } \sum_{k=1}^K \lambda^{k,t} \cdot X_r^{k,t} \leq X_r^{k,t+1}, \quad \forall r$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda^{k,t} \cdot Y_s^{k,t} \geq \theta Y_s^{k,t+1}, \quad \forall s$$

$$\lambda^{k,t} \geq 0, \quad \forall k$$

$$X_r^{k,t} \quad Y_s^{k,t} \quad \lambda^{k,t}$$

Donde θ es la puntuación de eficiencia para la DMU_K específica, con $k: 1, \dots, K$ y el subíndice k denota la DMU bajo análisis. $X_r^{k,t}$ representa la r^{th} entrada de la DMU_K en el año t (con $t: 1, \dots, T$); $Y_s^{k,t}$ es la s^{th} salida de la DMU_K en el año t y finalmente $\lambda^{k,t}$ es el coeficiente que muestra la proporción de la DMU_K usada para evaluar la DMU_K en el año t .

Ahora bien, el índice de Malmquist, ha sido utilizado para evaluar los cambios en la productividad en diferentes escenarios; para los últimos años se tiene algunos autores: (Martínez-Damián, Brambila-Paz & García-Mata, 2013) evalúan la productividad en México; (Seijas & Iglesias, 2013) estudian el cambio en la productividad de los Servicios Regionales de Salud españoles; (Cervantes & Martínez, 2010) estudian las fincas cafetaleras de Veracruz; (Yu, Shi, Wang, Chang, & Cheng, 2016) analizan la industria de la pulpa y el papel en China; (Rácz & Vestergaard, 2016) trabajan sobre las plantas de energía de biogás en Dinamarca; (Ferreira, Marques & Pedro, 2016) miran 145 aeropuertos de tres

continentes; (Aparicio, Crespo-Cebada, Pedraja-Chaparro & Santín, 2016) observan la brecha de rendimiento entre escuelas secundarias públicas y privadas dependientes del gobierno en el país vasco (España); y (Örkcü, alýkcý, Dogan & Genç, 2016) estudian 21 aeropuertos en Turkia de 2009 a 2014.

Para el caso colombiano no se encontraron publicaciones en las cuales se utilice la aplicación de esta metodología para estudiar los cambios en la productividad en las empresas del sector real, sin embargo aplicarla es importante puesto que se caracteriza principalmente por generar un único índice, analizando todo el conjunto tanto de insumos necesarios para desarrollar una actividad como el conjunto de salidas que se obtienen.

DETERMINACIÓN DE DMU Y VARIABLES DEL MODELO

Dado que esta investigación mide la evolución de la productividad del sector real de la economía colombiana desde el año 2006 y hasta el año 2015 teniendo como base la información de las empresas pertenecientes a este sector; las DMU son las empresas que reportaron sus resultados a la Superintendencia de Sociedades durante estos diez años y que además cuentan con un activo total superior a \$40.000.000.000 reportado en el año 2015. De tal manera que se estudian 880 empresas.

Para el modelo se analizan las siguientes variables en cada año: entradas: activo corriente, propiedades planta y equipo, pasivo no corriente y patrimonio; salidas: ingresos operacionales y utilidad neta. Después de obtener los datos para cada año y para cada una de las empresas, se llevaron todos los valores de las variables a pesos colombianos de diciembre de 2015.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra los resultados obtenidos del índice de Malmquist (IM), presentados por subsectores.

Se puede establecer que para las empresas del sector real, en promedio, en todos los periodos hubo una mejora en la productividad ($IM > 1$), siendo los periodos 2009-2010 y 2014-2015 los que tuvieron un mayor resultado. Para el primero de estos periodos los subsectores que contribuyeron de mejor manera fueron las actividades de servicios administrativos y de apoyo, y el de actividades inmobiliarias. Mientras que para el segundo periodo fueron las actividades inmobiliarias, explotación de minas y canteras y además actividades artísticas, de entretenimiento y recreación.

Tabla 1.

Índice de Malmquist (IM)	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Subsectores	IM								
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	1,11	1,40	1,43	1,26	1,09	1,06	1,08	1,36	1,30
Explotación de minas y canteras	1,49	0,85	0,94	0,82	0,74	0,95	0,86	1,26	2,22
Industrias manufactureras	1,07	0,98	0,98	1,02	1,05	1,02	0,98	1,05	0,99
Suministros de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	0,84	3,21	1,77	0,92	1,06	1,03	1,11	0,64	1,14
Construcción	2,85	1,81	1,65	1,56	1,36	2,66	2,99	1,18	1,36
Comercio al por mayor y al por menor	1,07	0,98	0,94	1,06	1,01	0,98	1,01	0,99	1,03
Transporte y almacenamiento	0,90	1,40	1,00	1,37	1,08	0,98	0,89	0,98	1,80
Alojamiento y servicios de comida	0,85	0,79	1,13	1,48	1,05	1,22	1,04	1,00	1,14
Información y comunicaciones	1,07	1,33	0,96	0,93	1,03	1,42	0,89	1,22	1,08
Actividades inmobiliarias	1,66	2,27	1,60	2,35	2,68	1,50	1,80	1,65	4,38
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2,25	0,96	2,09	1,03	1,20	1,88	1,16	1,20	1,12
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1,29	1,12	1,81	6,04	0,88	1,28	1,65	0,89	1,25
Educación	1,62	1,16	1,80	1,14	0,68	0,88	0,78	0,90	0,99
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación	0,97	0,94	0,73	1,46	1,45	1,33	1,40	0,92	2,21
Otras actividades de servicios	1,15	1,02	1,01	1,00	1,12	0,93	1,28	1,08	0,94
Promedio	1,35	1,35	1,32	1,56	1,16	1,47	1,26	1,09	1,53

Fuente: realización propia.

El periodo de menor crecimiento fue 2013-2014, con el 9%; en este periodo 6 de 15 subsectores (40%) mostraron disminución en la productividad.

En la figura 1 se muestra el resultado del IM acumulado por subsector.

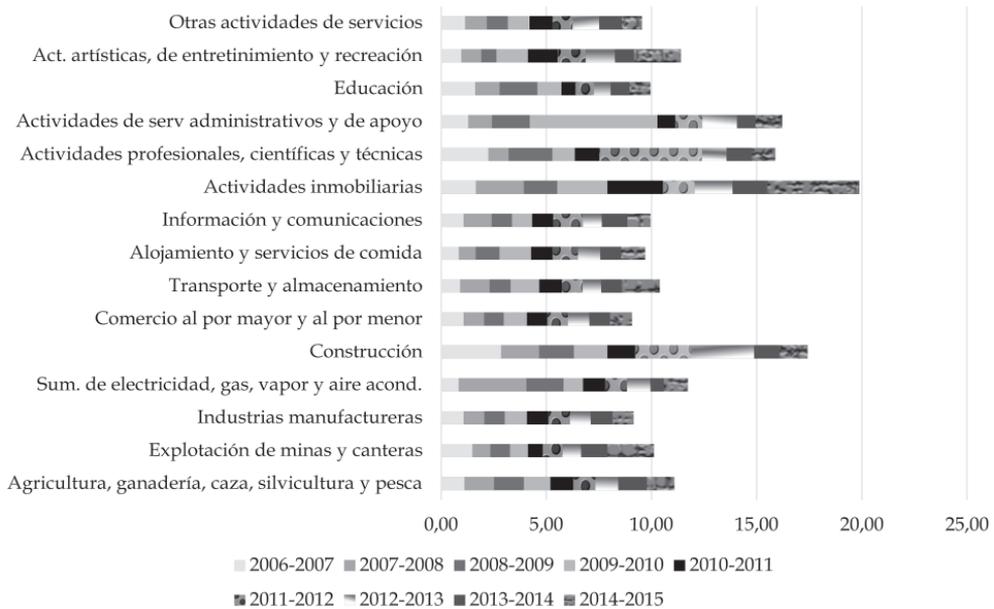


Figura 1. Acumulado IM. Fuente: realización propia.

De tal manera que se puede establecer que los subsectores con mejores resultados acumulados son: actividades inmobiliarias y construcción. Aquellos con menores resultados acumulados: industrias manufactureras y comercio al por mayor y al por menor.

En la figura 2 se muestra el comparativo del IM de estos subsectores.

Resalta el gran aumento en el último periodo de las actividades inmobiliarias y el comportamiento muy similar de las industrias manufactureras y el comercio al por mayor y al por menor, siempre muy cercano a 1.

Ahora bien, para la industria manufacturera se observa que el comportamiento del IM es concordante con el comportamiento que se presenta en la producción real establecida por el DANE en la muestra mensual manufacturera:

- Para el DANE, durante el año 2007 se registró un crecimiento del 10,85 en la producción real manufacturera respecto al año inmediatamente anterior (DANE, 2008); este es el mayor crecimiento evidenciado durante el periodo de estudio, que coincide con el mayor crecimiento en el periodo del IM (7%).

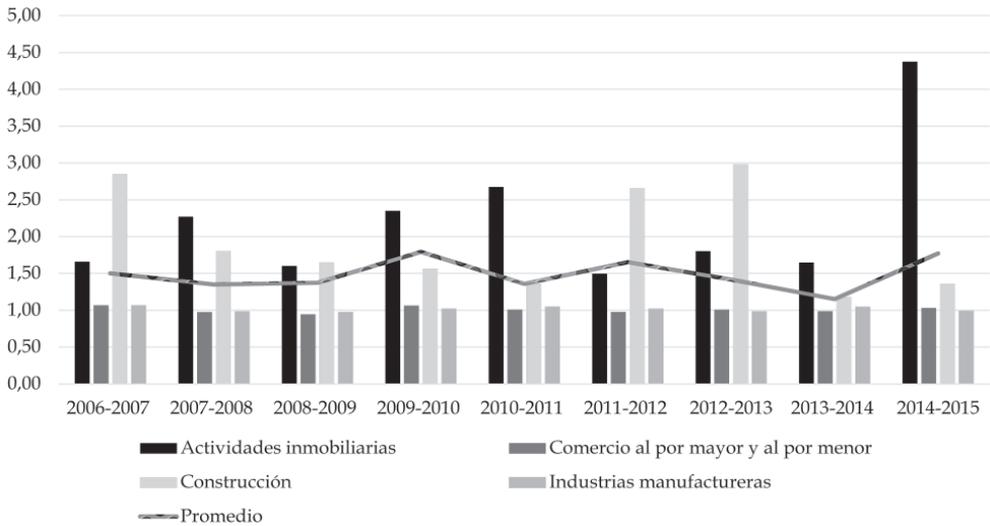


Figura 2. IM comparativo. Fuente: realización propia.

- En los periodos 2007-2008 y 2008-2009, el DANE (DANE, 2009; DANE, 2010) registró contracción en la producción real y estos dos periodos tienen los menores índices de IM (0,98) demostrando que no existió mejora en la productividad.
- Para los periodos 2009-2010 y 2010-2011, el DANE (DANE, 2011; DANE, 2012) registró aumentos del 4,7 y 4,9 respectivamente; el IM muestra una mejora de la productividad del 2% y el 5% respectivamente.
- En el siguiente periodo el DANE (DANE, 2013) registró que la producción real no presentó variación, el IM apenas está por encima de 1.
- Para el periodo 2012-2013 el DANE (DANE, 2014) registró una disminución del 1,9% y el IM muestra que existió una disminución de la productividad puesto que el índice es menor que 1.
- En el periodo 2013-2014 el DANE (DANE, 2015) reportó incremento porcentual y en consonancia el IM es mayor que 1 demostrando también mejora en la productividad.
- Y para el último periodo el DANE (DANE, 2016) reporta una mejora mínima y el IM está muy cercano a 1; mostrando que está muy cercano a mejorar.

De otro modo, en la figura 3 se detalla el comportamiento del subsector explotación de minas y canteras.

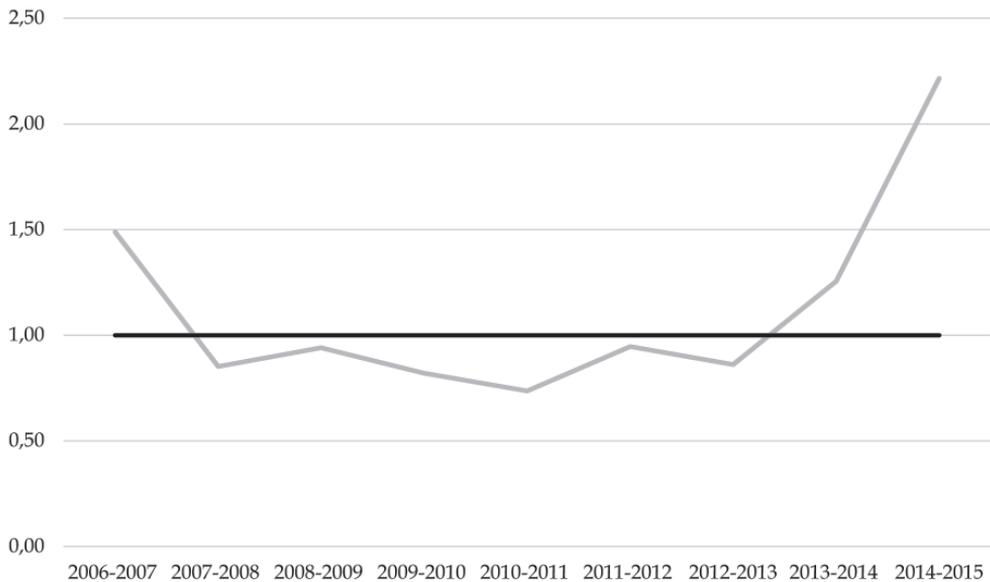


Figura 3. Explotación de minas y canteras. Fuente: realización propia.

Este subsector es el que tiene el mayor número de periodos con disminución de la productividad (6 de 9 periodos); pero desde el año 2013 se evidencia una tendencia creciente que hasta el momento se mantiene. Estos aumentos se deben a los cambios positivos en la eficiencia relativa: 1,56 y 2,34 respectivamente (no se deben a cambios tecnológicos).

Otro subsector que llama la atención por su comportamiento es el de educación (Figura 4), pues a partir del año 2010 se evidencia que la productividad disminuye ($IM < 1$) y este comportamiento se mantiene hasta el último periodo de estudio.

Esta disminución se debe, para los periodos 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013, a cambios menores que 1 en la eficiencia relativa: 0,66; 0,82 y 0,80 respectivamente; mientras que para los periodos 2013-2014 y 2014-2015 la situación desfavorable se debe a no tener cambios tecnológicos mayores a 1 (pues tiene 0,77 y 0,84).

De otra parte, y teniendo en cuenta que el crecimiento de la productividad es la clave para impulsar el crecimiento económico (OECD, 2014); y que para (Galindo & Ríos, 2015) el Producto Interno Bruto (PIB) es una función del capital y del trabajo y adicionalmente de la productividad; se tiene entonces que la productividad es el crecimiento del PIB que no se explica por los niveles

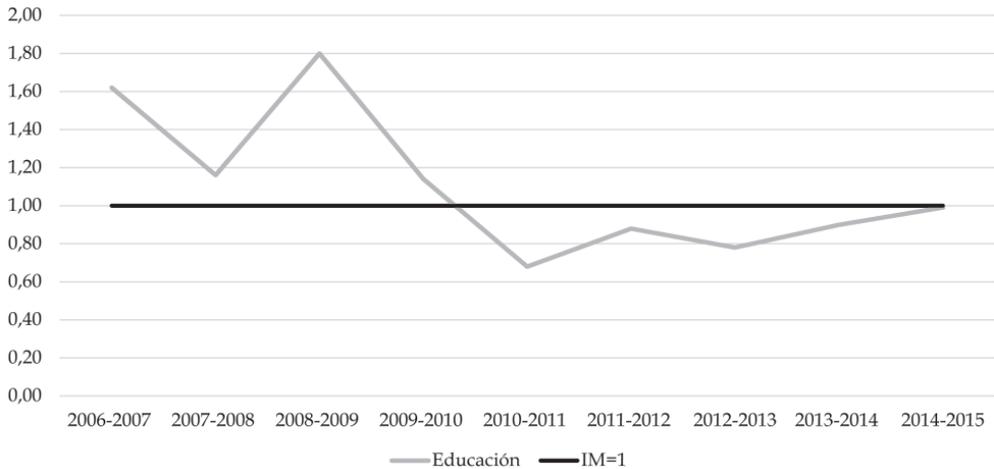


Figura 4. IM educación. Fuente: realización propia.

del trabajo y el capital (Jones, 2015). Es decir, que existe una relación importante entre el PIB y la productividad. Ahora bien, teniendo en cuenta los estudios realizados por la superintendencia de sociedades en cuanto a la variación porcentual anual del PIB de Colombia por grandes ramas de actividad económica; se tiene que para los años 2012 y 2013 el subsector de la construcción fue aquel con mayor representatividad en el PIB (Superintendencia de Sociedades, 2014) y (Superintendencia de Sociedades, 2015), adicionalmente en el presente estudio para estos dos años este mismo subsector es el que muestra un mayor IM. Para el año 2014 (Superintendencia de Sociedades, 2016) el segundo sector con mayor representatividad en el PIB, fue el subsector de servicios inmobiliarios, el cual tiene el mayor IM. Y para el año 2015 (Superintendencia de Sociedades, 2016) este mismo subsector tuvo la mayor representatividad en el PIB y al mismo tiempo el mayor IM.

CONCLUSIONES

DEA se ha convertido en una metodología frecuentemente utilizada para estudiar la evolución de la eficiencia relativa aplicada en diversos escenarios, dentro de esta metodología está el Índice de Malmquist mediante el cual se estudia la evolución de la productividad en periodos determinados. Aplicando esta metodología del IM a las empresas del sector real de la economía colombiana en el último decenio, esta investigación ha llegado a la conclusión que en todos los periodos hubo una mejora en la productividad ($IM > 1$).

Que hay subsectores que se destacan por sus buenos resultados promedios: actividades de servicios administrativos y de apoyo y el de actividades inmobiliarias.

También se puede establecer que los subsectores con mejores resultados acumulados son: actividades inmobiliarias y construcción.

Otro punto a concluir es que los subsectores que más se vieron afectados por la crisis del año 2008, fueron: explotación de minas y canteras, industrias manufactureras, comercio al por mayor y al por menor y finalmente, actividades artísticas, de entretenimiento y recreación; pues para el periodo 2007-2008 tuvieron $IM < 1$ y no pudieron salir de esta situación para el periodo 2008-2009. Adicionalmente, al analizar la contribución del IM para cada periodo (Figura 5), se concluye que el subsector de producción de bienes contribuyó por encima del 50% solo en tres periodos; pero nunca llegó a una contribución del 60% como si lo hizo el subsector de servicios. Este comportamiento tiene similitud con los resultados mostrados en la colección: Informe Mensual del Mercado Laboral (Fedesarrollo, 2014; Fedesarrollo, 2015); que basados en datos del DANE, llegan a determinar que el subsector de servicios es el que ha tenido una mayor participación en la generación de empleos como promotor en la mejora de la productividad nacional.

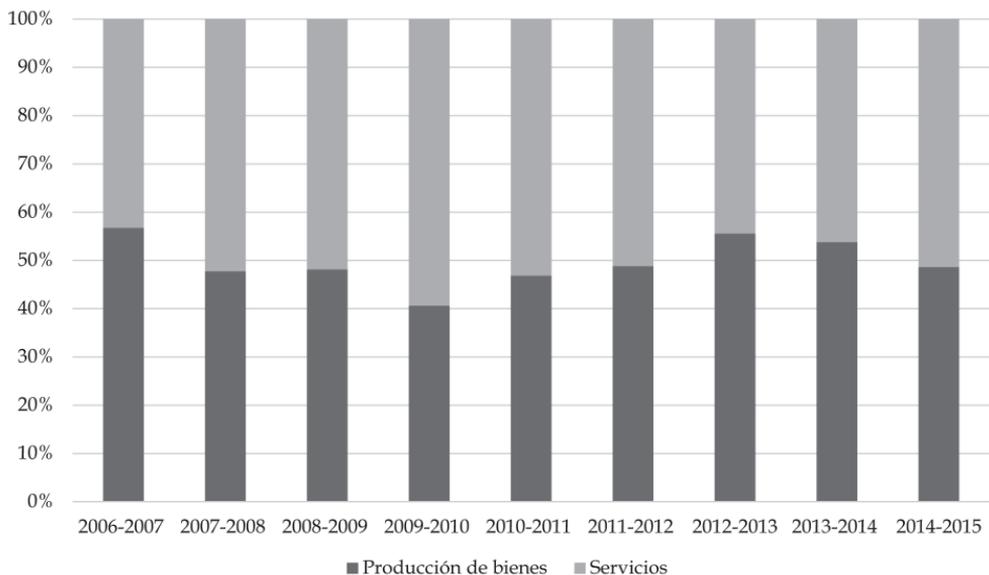


Figura 5. Contribución por período. Fuente: realización propia.

REFERENCIAS

- Al-Najjar, S., & Al-Jaybajy, M. (2012). Application of Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Oil Refineries: A Case Study. *International Journal of Business Administration*, 3 (5):64-77.
- Aparicio, J., Crespo-Cebada, E., Pedraja-Chaparro, F., & Santín, D. (2016). Comparing school ownership performance using a pseudo-panel database: A Malmquist-type index approach. *European Journal of Operational Research*, 256:533-542.
- Banco de la República Colombia (2006). *El sistema económico*. Bogotá: CEP-Banco de la República - Biblioteca Luis Ángel Arango.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Sciences* 30(9):1978-1092.
- Caves, D., Christensen, L., & Diewert, W. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity. *Econometrica*, 50(6):1393-1414.
- Cervantes, O., & Martínez, M. (2010). Eficiencia en fincas cafetaleras de Veracruz: Índice de Productividad de Malmquist. *Rev. Mex. de Ec. Agríc. y de los Rec. Nat.* 3(1):153-163.
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operation Research* 2:429-444.
- Cook, W., & Seiford, L. (2009). Data Envelopment Analysis (DEA) - Thirty years on. *European Journal of Operational Research* 192:1-17.
- DANE (2016). Encuesta Mensual Manufacturera Diciembre 2015. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic15.pdf
- DANE (2015). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre 2014. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic14.pdf
- DANE (2014). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2013. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic13.pdf
- DANE (2013). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2012. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic12.pdf
- DANE (2012). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2011. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic11.pdf

- DANE (2011). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2010. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic10.pdf
- DANE (2010). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2009. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic09.pdf
- DANE (2009). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2008. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mmm/bol_mmm_dic08.pdf
- DANE (2008). Muestra Mensual Manufacturera Diciembre de 2007. https://www.dane.gov.co/files/comunicados/cp_mmm_dic07.pdf
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 84(1):66-83.
- Farrell, M. (1951). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A* 120(3):253-281.
- Fedesarrollo (2015). Informe Mensual del Mercado Laboral. <http://hdl.handle.net/11445/2878>
- Fedesarrollo (2014). Informe Mensual del Mercado Laboral. <http://hdl.handle.net/11445/1808>
- Ferreira, D., Marques, R. & Pedro, M. (2016). Comparing efficiency of holding business model and individual management model of airports. *Journal of Air Transport Management*, 57:168-183.
- Galindo, M., & Ríos, M. (2015). "Productividad" en Serie de Estudios Económicos, Vol. 1, Agosto 2015. México DF: México ¿cómo vamos?
- Jones, C. I. (2015). The Facts of Economic Growth. National Bureau of Economic Research.
- Lee, H., & Kim, C. (2012). A DEA-SERVQUAL Approach to Measurement and Benchmarking of Service Quality. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 40:756-762.
- Macpherson, A., Principe, P. & Shao, Y. (2013). Controlling for exogenous environmental variables when using data envelopment analysis for regional environmental assessments. *Journal of Environmental Management* 119:220-229.
- Martínez-Damián, M., Brambila-Paz, J. & García-Mata, R. (2013). Índice de Malmquist y productividad estatal en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(3):359-369.

- Matawie, K. & Assaf, A. (2010). Bayesian and DEA efficiency modelling: an application to hospital foodservice operations. *Journal of Applied Statistics*, 37(6):945-953.
- Melfou, K., Loiziu, E., Oxouzi, E. & Papanagiotou, E. (2015). Economic Performance of Quality Labeled Saffron in Greece. *Procedia Economics and Finance* 24:419-425.
- Mullarkey, S., Caulfield, B., McCormack, S. & Basu, B. (2015). A framework for establishing the technical efficiency of Electricity Distribution Counties (EDCs) using Data Envelopment Analysis. *Energy Conversion and Management* 94:112-123.
- OECD. (2014). Perspectives on Global Development 2014. OECD.
- Örkcü, H., alýkçý, C., Dogan, M. & Genç, A. (2016). An evaluation of the operational efficiency of turkish airports using data envelopmen tanalysis and the Malmquist productivity index: 2009-2014 case. *Transport Policy*, 48:92-104.
- Rácz, V. & Vestergaard, N. (2016). Productivity and efficiency measurement of the Danish centralized biogas power sector. *Renewable Energy*, 92, 397-404.
- Rodríguez, G. I. (2011). *Indicadores Data Envelopment Analysis de eficiencia y productividad para las actividades de extensión universitaria. Aplicación en la universidad Nacional de Colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Sala-Garrido, R., Hernández-Sancho, F. & Molinos-Senante, M. (2012). Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: a DEA with tolerances approach. *Environmental Science & Policy* 18, 34-44.
- Seijas, A. & Iglesias, G. (2013). Evolución de la productividad y asociación con la satisfacción en la atención hospitalaria y especializada de los sistemas sanitarios de las Comunidades Autónomas. *Investigaciones Regionales*, 27:7-32.
- Song, C., Li, M., Zhang, F., He, Y. & Tao, W. (2015). A data envelopment analysis for energy efficiency of coal-fired power units in China. *Energy Conversion and Management* 102:121-130.
- Sueyoshi, T. (2000). Stochastic DEA for Restructure Strategy: An Application to a Japanese Petroleum Company. *Omega* 28(4):385-398.
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2012). DEA environmental assessment of coal fired power plants: Methodological comparison between radial and non-radial models. *Energy Economics*, 34(6):1854-1863.
- Sueyoshi, T. & Goto, M. (2013). DEA environmental assessment in a time horizon: Malmquist index on fuel mix electricity and CO2 industrial nations. *Energy Economics*, 40:370-382.

- Superintendencia de Sociedades. (2014). Comportamiento de las 1.000 empresas más grandes del sector real. Informe.
- Superintendencia de Sociedades. (2015). Comportamiento de las 2.000 empresas más grandes por ingresos del sector real. Informe.
- Superintendencia de Sociedades. (2016). Comportamiento de las empresas más grandes por ingresos, del sector real. Informe.
- Suzuki, S. & Nijkamp, P. (2016). An evaluation of energy-environment-economic efficiency for EU, APEC and ASEAN countries: Design of a Target-Oriented DFM model with fixed factors in Data Envelopment Analysis. *Energy Policy* 88:100-112.
- Toma, E., Dobre, C., Dona, I., & Cofas, E. (2015). DEA applicability in assessment of agriculture efficiency on areas with similar geographical patterns. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 6:704-711.
- Toshiyuki, S., Mika, G. & Manabu, S. (2013). DEA window analysis for environmental assessment in a dynamic time shift: Performance assessment of U.S. coal-fired power plants. *Energy Economics*, 40:845-857.
- Yu, C., Shi, L., Wang, Y., Chang, Y. & Cheng, B. (2016). The eco-efficiency of pulp and paper industry in China: an assess based on slacks-based measure and Malmquist-Luenberger index. *Journal of Cleaner Production*, 127:511-521.