

Productividad multifactorial, cambios técnico y en eficiencia de los estados de México

**OSVALDO U. BECERRIL-TORRES
GABRIELA MUNGUÍA VÁZQUEZ
ROSA AZALEA CANALES GARCÍA**

Resumen

El objetivo de esta investigación es aportar información para el mejor entendimiento de la manera en la que se está llevando a cabo el uso de los factores productivos en las entidades federativas de México, y obtener la productividad total de los factores, el cambio técnico y el cambio en eficiencia de las entidades federativas del País. Para esto, es utilizada la metodología de análisis envolvente de datos e índice de Malmquist de cambio en productividad. El estudio permite identificar las disparidades existentes entre las entidades federativas y proponer medidas de política económica que permitan reducirlas.

Palabras clave: Eficiencia técnica, productividad, índice de Malmquist, cambio técnico, cambio en eficiencia.

Multifactorial productivity, efficiency and technical changes of states of Mexico

Abstract

The aim of this research is to provide information for a understanding of the way in which is being carried out the use of the productive factors in federal entities in Mexico, and get the total factor productivity, technical change and the change in efficiency of the States of the Country. For this, we use the methodology of data envelopment analysis and the Malmquist index of change in productivity. The study allows to identify the disparities between the federal entities and proposing measures of economic policy that allow reducing them.

Keywords: Technical efficiency, productivity, Malmquist index, technical change, efficiency change.

Introducción

En la época contemporánea, el estudio de la eficiencia y la productividad se promueve como una cuestión relevante para entender el desempeño del uso de los factores productivos en las actividades económicas.

Esta idea se vincula con las expresiones de competitividad y eficiencia técnica total. Un indicador elevado de productividad contribuye a hacer más competitiva a una empresa, una industria, un sector, una región o un país y, en general, a la economía mundial. Por su parte, un indicador de eficiencia técnica alto hace más competitiva a la actividad económica, pero también permite apreciar si se está haciendo buen uso de los factores de la producción y, en el extremo, un uso óptimo.

En este sentido, son innumerables los estudios que se han realizado en el mundo sobre la eficiencia y la productividad de los factores de la producción, sin embargo, en el contexto de la economía mexicana son limitados, lo que restringe el entendimiento sobre el comportamiento de estos indicadores y su incidencia sobre la actividad económica en diferentes ámbitos, desde lo microeconómico hasta lo agregado, es decir, hasta el análisis macroeconómico. Así, es de interés en esta investigación elaborar un documento que permita entender, en el contexto de las entidades federativas de México, la dinámica de la productividad total de los factores, el cambio técnico y el cambio en eficiencia, así como la propia eficiencia, es decir, la manera en que se hace uso de los factores de la producción.

Para sustentar teóricamente la obtención de los indicadores sobre eficiencia y productividad, en el apartado dos se presentan los aspectos metodológicos relevantes que permiten su cálculo y poder caracterizar a las entidades federativas de México. Se centra la exposición en la técnica de Análisis Envolvente de Datos (DEA: Data Envelopment Analysis, por sus siglas en inglés) y en el índice de Malmquist de cambio en productividad. En la sección tres se informa sobre los datos y fuentes de información considerados; en el apartado cuatro se presentan los resultados y, en el cinco las principales conclusiones derivadas de este estudio, entre las que se encuentran que la mayoría de las entidades operan con eficiencias de escala y que su pérdida de productividad ha sido motivada principalmente por el estancamiento tecnológico, más que por uso de los factores. Así también se incorporan algunas propuestas de política económica que podrían contribuir a la mejora de la eficiencia y de la productividad, tanto de las entidades federativas en particular, como del país en su conjunto, entre ellas, la instrumentación de programas de innovación tanto del lado del sector privado como del público.

I. Fundamentos teórico-metodológicos

En el estudio de la eficiencia, el análisis metodológico parte de la determinación del límite o frontera a partir del cual se podrán realizar diferentes contrastes. En la teoría microeconómica, este concepto de frontera se determina por la función de producción. Desde la perspectiva de Farrell (1957)¹, se define la frontera de producción como el máximo *output* obtenible a partir de un conjunto de *inputs* dados, lo cual supone utilizar adecuadamente los factores de la producción, es decir, dados los factores, se busca obtener la combinación de ellos que permita obtener la máxima producción posible. En este sentido, las empresas que así operan son consideradas como técnicamente eficientes.

Así, una empresa que se sitúa en la frontera se considera técnicamente eficiente, es decir, que obtiene la máxima cantidad de *output* posible dado su nivel de *inputs* empleado y una tecnología de producción específica. Pero esto no implica que opere en la escala o tamaño óptimo. Ante ello, una empresa eficiente técnicamente puede obtener una mayor productividad aprovechando su economía de escala, esto es, lograr un tamaño óptimo para la empresa, lo que le permita mejorar sus ingresos o su productividad mediante la mejor adecuación de su estructura productiva al volumen de producción.

Las empresas situadas en la frontera y que operan con una escala óptima se consideran técnicamente eficientes y con eficiencia de escala o economía de escala²; de no ser así, se considera que, aun siendo técnicamente eficiente, presentan ineficiencia de escala o deseconomía de escala.

En este documento se emplea la medida de eficiencia propuesta por Farrell (1957). Esta compara economías que utilizan los factores en la misma proporción. Los indicadores de ineficiencia se miden a través de las desviaciones respecto a la frontera de producción, lo cual permite a nivel empírico aproximar a la función de producción. Así, en esta investigación se analiza si es posible aumentar la producción en las entidades federativas sin alterar la cantidad de insumos en el proceso, así como la productividad. Para obtención de la productividad total de los factores se utiliza el índice de Malmquist de cambio en productividad.

En la revisión de literatura sobre las aplicaciones empíricas de la medición de la eficiencia y productividad, son numerosas las investigaciones que se han

1 Entre los primeros estudios sobre el análisis de la eficiencia está el de Farrell (1957), quien define la eficiencia productiva de la empresa, proponiendo que está constituida por dos tipos de eficiencia: la técnica, la cual refleja su capacidad para obtener la máxima producción dado un conjunto de insumos, y la eficiencia en precios, la cual refleja su habilidad para usar los insumos óptimamente, dados sus respectivos precios.

2 La existencia de economías de escala es justificable por varias razones: cuando se incrementa el volumen de producción de la empresa puede aprovechar las ventajas de la especialización. En el caso de los trabajadores, estos pueden concentrar su actividad en una tarea específica, aumentando su eficiencia. Así también es común que a medida que crece la empresa ésta puede acceder al uso de mejor tecnología.

llevado a cabo a lo largo del tiempo en otros ámbitos y regiones del mundo, no así para México, desde el trabajo precursor de Farrell (1957) hasta la época contemporánea. Algunos de ellos han sido publicados por: Charnes, Cooper & Rhodes (1978). Battese, Coelli & Colby (1989), Zieschang (1984), Battese & Coelli (1988, 1992, 1993, 1995), Kumbhakar, Ghosh & McGuckin (1991), Álvarez (2001), Delgado y Álvarez (2003), Álvarez y Becerril (2005). Los estudios realizados para México, no son abundantes, entre ellos se identifican el de Estache, González & Trujillo (2002); el de Hernández, Pagán & Paxton (2005); el de Paxton (2007); el de Jayasuriya & Wodon (2007); el de Vedenov, Houston & Cárdenas (2007) y el de Braun & Cullmann (2008). Para el caso de las entidades federativas de México se identifican los de Becerril, Álvarez y Vergara (2007) y Álvarez, Becerril, Del Moral y Vergara (2008)³.

Asimismo, la identificación de literatura sobre eficiencia y productividad para las entidades federativas de México es aún más escasa, por lo que resulta importante contar con información sobre la manera en que están haciendo uso de sus factores productivos y determinar si se están realizando las mejores prácticas en las entidades federativas o es posible mejorar los niveles de producción, haciendo un mejor uso de los factores sin aumentar su cantidad. En este sentido, evidencia empírica existente permite reconocer que hay brechas entre la eficiencia técnica potencial y la observada en la realidad, derivadas de que no se están realizando las mejores prácticas en el proceso productivo.

La evidencia empírica en la que se hace uso de cálculos *frontera* permite observar la existencia de ineficiencias en el uso de los factores productivos privados, como lo sugieren Beeson y Husted (1989), y Gumbau y Maudos (1996), entre otros. Respecto a los trabajos en ámbitos externos a México que se basan en técnicas no paramétricas se identifican los de Maudos, *et al.* (1998, 1999a, 1999b) y Salinas, *et al.* (2001), quienes analizan las regiones españolas. Asimismo, Lynde y Richmond (1999) analizan el Reino Unido, en tanto que Domazlicky y Weber (1997) y Boisso *et al.* (2000) se centran en la economía estadounidense. Por su parte, Peñaloza (2006) aplica la metodología al sistema de salud en Colombia. Finalmente, Mahallati & Hosseinzadek (2010) proponen un método de redes de análisis envolvente de datos para estimar la eficiencia en universidades.

Sin embargo, se identifican escasos estudios para México que contribuyan a tener un mejor entendimiento en el ámbito sectorial, regional o de las entidades federativas del país sobre la eficiencia y productividad. Así, entre las últimas publicaciones, se encuentran la de Álvarez, *et al.* (2008), Tovar (2012), Herrera (2012) y Becerril *et al.* (2013). Otros trabajos que anteceden a estos son los de Brown y Domínguez, (1994, 2004).

³ En este trabajo se han delimitado las correspondientes fronteras de producción eficientes no paramétricas, siguiendo el Método Envolvente de Datos (DEA).

Por ello, como se expresó, el objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia así como la productividad total de los factores en el contexto de las entidades federativas de México, siguiendo la propuesta metodológica de DEA e índice de Malmquist.

I.I Metodología a emplear

El cálculo de la ineficiencia ha sido tema central para el estudio de las fronteras de producción. De ello, se han desarrollado dos principales vertientes en la construcción de estas: una de ellas tiene como base las técnicas de programación matemática, mientras que la otra utiliza los fundamentos de la econometría. La principal ventaja de la programación matemática, que se identifica como una aproximación “*Data Envelopment Analysis*” (DEA), radica en que no es necesario imponer una forma funcional explícita, aunque la frontera obtenida puede resultar deformada si esta se encuentran contaminada por ruido estadístico. Por su parte, la aproximación econométrica considera el ruido estadístico, pero impone una forma funcional que podría restringir la tecnología. Esta investigación se fundamenta en la vertiente no paramétrica.

Desde esta perspectiva se consideran empíricamente las medidas de eficiencia propuestas por Farrell (1957) utilizando técnicas de programación lineal, conocidas como Análisis Envolvente de Datos (*Data Envelopment Analysis*, DEA por sus siglas en inglés). Farrell propuso que la eficiencia de una unidad de decisión (*Decision Making Unit*, DMU, por sus siglas en inglés⁴) está compuesta por dos componentes: la “eficiencia técnica”, que refleja la habilidad para obtener el máximo nivel de producción para un conjunto dado de insumos, y la “eficiencia en precios”, la cual refleja la habilidad de la DMU para usar los *inputs* en las proporciones óptimas, dados sus correspondientes precios. De manera particular, este documento centra la atención en las medidas de eficiencia *output*-orientadas, que se caracterizan por identificar cuánto se puede expandir el *output* sin alterar la cantidad de *inputs* necesaria⁵.

El modelo DEA sobre el que se efectúa el cálculo de la eficiencia técnica y de escala es el propuesto por Seiford & Thrall (1990)⁶, el cual tiene como propósito construir una frontera de posibilidades de producción no-paramétrica que envuelva los datos. De ello, el programa para la razón de eficiencia será:

$$\begin{aligned} & \text{Min } v^T x_0 / u^T y_0 \\ & u, v \\ & \text{s. a. } v^T x_j / u^T y_j \geq 1 \quad j = 1, 2, \dots, N \\ & \quad u \geq 0 \\ & \quad v \geq 0 \end{aligned}$$

4 Este es un término más amplio que el de firma, considerado por Farrell.

5 En contraparte, las medidas de eficiencia input-orientadas mantienen el nivel de output constante, permitiendo calcular en qué medida es posible reducir la cantidad de inputs.

6 Los modelos estándar de rendimientos constantes y variables a escala, que llevan a cabo el cálculo de eficiencias técnicas y de escala, se desarrollan en Färe, Grosskopf & Lovell (1994).

Donde las variables son u y v , vectores columna de tamaño $S \times 1$ y $M \times 1$, respectivamente. De esta forma, se calculan los valores óptimos u^* y v^* , vinculados a los *outputs* e *inputs*.

El modelo planteado supone rendimientos constantes a escala, en cuyo caso las medidas de eficiencia *input*-orientadas y *output*-orientadas son equivalentes, como lo argumentan Färe & Lovell (1978). Sin embargo –se argumenta–, cuando existen imperfecciones en el mercado, o restricciones financieras, entre otras, pueden provocar que una DMU deje de funcionar a escala óptima. Por ello, Banker, Charnes & Cooper (1984) hacen una extensión al modelo suponiendo rendimientos variables a escala, lo que permite calcular eficiencias de escala.

I.II Cálculo del Cambio de la Productividad Total de los Factores y sus componentes

Para llevar a cabo este análisis se dispone de un panel de datos, de manera que es posible calcular el índice de Malmquist, considerando la metodología propuesta por Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994). Este índice descompone el cambio de la productividad en dos partes: cambios en la eficiencia técnica y en la tecnología o cambio técnico intertemporal. Como se mencionó, la medición de la eficiencia técnica puede orientarse al *input* (cuando, dado un nivel de *output*, se trata de minimizar las cantidades a consumir de los diferentes *inputs*) o al *output* (cuando, dado un nivel de *inputs*, interesa expandir el *output* lo máximo posible). Para la aplicación empírica en este documento se centrará la atención en el cálculo de la eficiencia técnica basado en una orientación *output*.

En este documento se calcula el cambio en productividad como la media geométrica de dos índices de productividad de Malmquist. Para definir este, con base en el *output*, se supondrá que en cada período $t=1, \dots, T$, la tecnología de producción S^t modela la transformación de *inputs*, X^t .

$$S^t = \{(X^t, Y^t) : X^t \text{ puede producir } Y^t\} \quad (1)$$

Por su parte, la función de distancia del output en t se define como:

$$D_0^t(X^t, Y^t) = \inf\{\phi : (X^t, Y^t/\phi) \in S^t\} = (\sup\{\phi : (X^t, \phi Y^t) \in S^t\})^{-1} \quad (2)$$

Esta función se define como el recíproco de la máxima expansión proporcional del vector de *output* Y^t , dados los *inputs* X^t , y caracteriza totalmente a la tecnología. En particular $D_0^t(X^t, Y^t) \leq 1$ si y solo si $(X^t, Y^t) \in S^t$. Adicionalmente, $D_0^t(X^t, Y^t) = 1$ solo si (X^t, Y^t) se ubica en la frontera tecnológica. En la terminología de Farrell (1957) eso sucede cuando la producción es técnicamente eficiente.

Asimismo, Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994) definen el índice de Malmquist de cambio en productividad basado en el *output* como la media geométrica de los índices de Malmquist:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (3)$$

O equivalentemente:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^1, Y^1) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^1(X^1, Y^1)} \times \left[\left(\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^1, Y^1)} \right) \left(\frac{D_0^t(X^1, Y^1)}{D_0^1(X^1, Y^1)} \right) \right]^{1/2} \quad (4)$$

La expresión (10) permite dividir en dos componentes la evolución que sigue la productividad. El primer componente hace referencia al cambio en la eficiencia, cuyas mejoras se consideran evidencia de “catching-up”, es decir, de acercamiento de cada una de las DMU’s a la frontera eficiente. Por su parte, el segundo componente indica cómo varía el cambio técnico, es decir, cómo el desplazamiento de la frontera eficiente. Mejoras en el índice de Malmquist de cambio en productividad conducen a valores por encima de la unidad, lo mismo sucede con cada uno de sus componentes.

Para analizar los cambios en las eficiencias de escala se calcularán también las funciones de distancia bajo rendimientos a escala variables⁷, incorporando a los modelos anteriores la siguiente restricción: $\sum_{k=1}^k \lambda^{k,t} = 1$. La eficiencia a escala en cada período se construye como el cociente entre la función de distancia con rendimientos constantes y la que satisface rendimientos variables. Por otra parte, el cambio técnico se calcula en relación con la tecnología con rendimientos constantes.

II. Datos y fuentes de información

Los datos de las entidades federativas considerados proceden de los Censos Económicos de México, correspondientes estos a los años 2004 y 2009. La variable de producción está representada por la Producción Bruta Total, PBT, que es el valor de los bienes y servicios producidos por la unidad económica, como resultado del ejercicio de sus actividades; la variable de inversión es incorporada mediante la Formación Bruta de Capital Fijo⁸, FBCF, que es el valor de los activos fijos comprados por la unidad económica, descontando el valor de las ventas de los activos fijos realizadas y, la variable del empleo es referida por el indicador de personal ocupado total⁹, PO, en las unidades económicas del sector privado y paraestatal. La fuente estadística de la que se han obtenido estas bases de datos corresponde a los Censos Económicos 2004 y 2009 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, INEGI (2004, 2009).

⁷ Véase Banker, Charnes & Cooper (1984).

⁸ Se expresa en unidades monetarias.

⁹ Comprende el personal contratado directamente, con el ajeno, suministrado por otra razón social, que trabaja para la unidad económica, sujeto a su dirección y control, que cubrió como mínimo un tercio de su jornada laboral de la misma.

III. Resultados

A partir de las propuestas de Seiford & Thrall (1990) y de Banker, Charnes & Cooper (1984), se calcula la eficiencia técnica suponiendo rendimientos constantes y rendimientos variables a escala, esta última, dado que en economías como la mexicana pueden existir restricciones de acceso al capital e imperfecciones del mercado.

Así, en el cuadro 1 se observan los resultados del cálculo. En este se puede identificar la eficiencia de las entidades federativas. El comportamiento general del conjunto muestra que operan con eficiencias de escala, con excepción de Baja California Sur y Nayarit que lo hacen con ineficiencias de escala, en el segmento de rendimientos crecientes.

Cuadro 1 - Eficiencia técnica con rendimientos a escala

<i>Entidad federativa</i>	crste	vrste	scale	Segmento
Aguascalientes	0.031	0.031	1	-
Baja California	0.062	0.063	1	-
Baja California Sur	0.134	0.149	0.896	irs
Campeche	0.125	0.125	1	-
Coahuila de Zaragoza	0.156	0.156	1	-
Colima	0.187	0.188	1	-
Chiapas	0.219	0.219	1	-
Chihuahua	0.25	0.25	1	-
Distrito Federal	0.281	0.281	1	-
Durango	0.313	0.313	1	-
Guanajuato	0.344	0.344	1	-
Guerrero	0.375	0.375	1	-
Hidalgo	0.406	0.406	1	-
Jalisco	0.437	0.438	1	-
México	0.469	0.469	1	-
Michoacán de Ocampo	0.5	0.5	1	-
Morelos	0.531	0.531	1	-
Nayarit	0.868	1	0.868	irs
Nuevo León	0.594	0.594	1	-

Oaxaca	0.625	0.625	1	-
Puebla	0.656	0.656	1	-
Querétaro de Arteaga	0.687	0.688	1	-
Quintana Roo	0.719	0.719	1	-
San Luis Potosí	0.75	0.75	1	-
Sinaloa	0.781	0.781	1	-
Sonora	0.813	0.813	1	-
Tabasco	0.844	0.844	1	-
Tamaulipas	0.875	0.875	1	-
Tlaxcala	0.906	0.906	1	-
Veracruz Llave	0.937	0.938	1	-
Yucatán	0.969	0.969	1	-
Zacatecas	1	1	1	-
Media geométrica	0.526	0.531	0.993	

Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI (2004, 2009)

Nota: crste=por sus siglas en inglés: technical efficiency de CRS DEA

vrste= por sus siglas en inglés: technical efficiency de VRS DEA

scale=scale efficiency=eficiencia de escala=crste/vrste.

Asimismo, como se observa en el cuadro 1, columna 3, la eficiencia media es de 0.53, por lo que 16 entidades se ubicaron por encima de ella.

Siguiendo la metodología propuesta por Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994), la cual permite calcular el índice de Malmquist de cambio en productividad output-orientada, que a su vez hace posible descomponer el crecimiento de la productividad en dos componentes: cambios en la eficiencia técnica y en la tecnología (cambio técnico) a lo largo del tiempo, se obtienen estos indicadores para las entidades federativas de México.

El primer componente hace referencia al cambio en la eficiencia, cuyas mejoras se consideran evidencia de “*catching-up*”, es decir, de acercamiento de cada una de las DMU’s a la frontera eficiente, en este caso, las entidades federativas. Por su parte, el segundo componente indica cómo varía el cambio técnico, es decir, cómo el desplazamiento de la frontera eficiente hacia el *input* de cada Estado del país está generando una innovación en este último. Mejoras en productividad a través de la obtención del índice de Malmquist permiten obtener valores por encima de la unidad, al igual que sucede con cada uno de sus componentes. Así, como se puede observar en el cuadro 2, no ha habido mejoras en la productividad, por el contrario, ha habido pérdidas de productividad. Esto motivado por el cambio

técnico, el cual también ha sufrido retroceso en todos los estados del país, lo que indica que ha habido un estancamiento tecnológico en el país y de manera particular en las entidades federativas.

En lo que se refiere al segundo componente del cambio en productividad –el cambio en eficiencia–, este en la mayoría de las entidades federativas ha permanecido inalterado al presentar un valor unitario, siendo únicamente el Estado de Colima el que ha logrado mejoras en el uso de sus factores productivos. Asimismo, los estados de Baja California Sur y Nayarit presentan pérdidas de eficiencia, es decir, han empeorado en el uso de sus factores productivos. Derivado de lo anterior, la media geométrica del cambio en productividad fue de 0.52, influida por el cambio técnico. Por su parte, la media del cambio en eficiencia fue de 0.99, lo que indica que en general la eficiencia técnica se ha mantenido sin cambios en el año 2008 respecto al año 2003.

Cuadro 2 - Índice de Malmquist de cambio en productividad y sus componentes

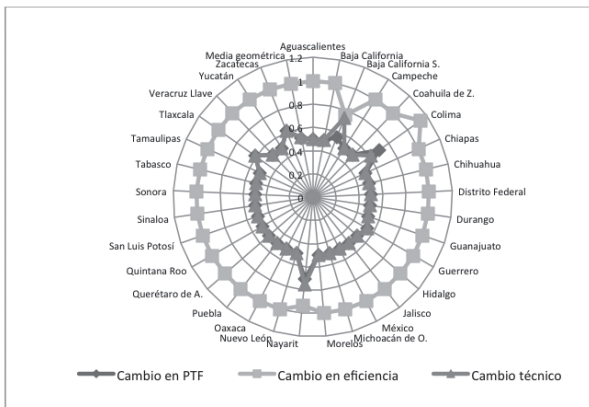
Entidades federativas	Cambio en Productividad Total de los Factores	Cambio en eficiencia	Cambio técnico
01 Aguascalientes	0.5	1	0.5
02 Baja California	0.5	1	0.5
03 Baja California Sur	0.555	0.755	0.734
04 Campeche	0.5	1	0.5
05 Coahuila de Zaragoza	0.5	1	0.5
06 Colima	0.698	1.136	0.614
07 Chiapas	0.5	1	0.5
08 Chihuahua	0.5	1	0.5
09 Distrito Federal	0.5	1	0.5
10 Durango	0.5	1	0.5
11 Guanajuato	0.5	1	0.5
12 Guerrero	0.541	1	0.541
13 Hidalgo	0.5	1	0.5
14 Jalisco	0.5	1	0.5
15 México	0.5	1	0.5
16 Michoacán de Ocampo	0.5	1	0.5
17 Morelos	0.5	1	0.5
18 Nayarit	0.707	0.936	0.755
19 Nuevo León	0.5	1	0.5
20 Oaxaca	0.5	1	0.5

21 Puebla	0.5	1	0.5
22 Querétaro de Arteaga	0.5	1	0.5
23 Quintana Roo	0.5	1	0.5
24 San Luis Potosí	0.5	1	0.5
25 Sinaloa	0.5	1	0.5
26 Sonora	0.5	1	0.5
27 Tabasco	0.5	1	0.5
28 Tamaulipas	0.5	1	0.5
29 Tlaxcala	0.612	1	0.612
30 Veracruz Llave	0.5	1	0.5
31 Yucatán	0.5	1	0.5
32 Zacatecas	0.614	1	0.614
Media geométrica	0.52	0.993	0.524

Fuente: Elaboración de los autores con datos de los Censos Económicos de INEGI.

Al objeto de profundizar en el patrón de crecimiento de la productividad, el gráfico 1 muestra el índice de productividad de Malmquist de cada una de las entidades federativas, así como sus componentes: cambio técnico y cambio en eficiencia. Como se observa, aporta evidencia de que el cambio técnico está altamente correlacionado con la PTF, en tanto que el cambio en eficiencia presenta un grado de asociación menos intenso dado que al contar con valores unitarios, la implicación es que no contribuye al cambio en la PTF. Esto abre la posibilidad de inferir que la incorporación de mejoras tecnológicas principalmente, tendría fuerte incidencia en el desplazamiento de los estados del país hacia la frontera tecnológica.

Gráfico 1 - Cambio en la PTF y de sus Componentes



Fuente: Elaboración de los autores con datos de INEGI.

Así, a partir del análisis previo sobre los resultados obtenidos de los datos de la eficiencia y del cambio en productividad y sus componentes, para las entidades federativas, se obtiene un conjunto de conclusiones y propuestas de política económica, las cuales se presentan en el apartado siguiente, y que contribuyen al mejor entendimiento de la manera en que en México se hace uso de los factores de la producción así como en sus entidades federativas.

Conclusiones

Una vez mostrada la fundamentación teórica que ha permitido obtener los indicadores requeridos para el análisis y se han mostrado los antecedentes de utilización de esta metodología para diferentes ámbitos, se han realizado los cálculos correspondientes para las entidades federativas de México.

Así, el análisis de los resultados obtenidos sobre el uso de los factores muestra que en conjunto, las entidades federativas operan con eficiencia de escala, con excepción de Baja California Sur y Nayarit que lo hacen con ineficiencias de escala, en el segmento de rendimientos crecientes.

En lo que se refiere al cambio en productividad total de los factores, esta se ha reducido, motivada por la caída del cambio técnico, lo que indica un retroceso en la incorporación de la innovación en el aparato productivo de las entidades federativas del país.

Por lo anterior, se propone buscar el desarrollo de programas más agresivos que fomenten la innovación al interior de las empresas y en las instituciones de educación superior orientadas al sector productivo, así como mayor desarrollo de programas de capacitación y adiestramiento para el trabajo, **más acordes** con los requerimientos contemporáneos del mercado laboral de México, en general y de las entidades federativas, en particular.

Bibliografía

- Álvarez, R. (2001). “Modelos con Eficiencia Técnica Variante en el Tiempo” en Álvarez A. (Coord.), *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*, Ediciones Pirámide, Madrid.
- Álvarez, I. y O. Becerril (2005). “Influencia del capital público y de la inversión en educación sobre la eficiencia técnica en las economías europeas y catch-up tecnológico, 1980-2001”, *Quivera*, vol. 7, núm. 1, pp. 134-169.
- Álvarez, I., O. Becerril y L. Del Moral, R. Vergara (2008). “Aplicación del data envelopment analysis a la delimitación de la frontera tecnológica en México (1970-2003)”, *Enlaces: Revista del CES Felipe II*, núm. 8, pp. 1-18, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/187808> (27 de julio de 2012).
- Banker R., A. Charnes y W. Cooper (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, vol. 30. pp. 1078-1092.
- Battese, G. y T. Coelli (1988). “Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data”, *Journal of econometrics*, vol. 38, pp. 387-399.
- (1992). “Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India”. *Journal of productivity analysis*. vol. 3. pp. 153-169.
- (1993). *A Stochastic Frontier Production Function incorporating a model for technical inefficiency effects*, Working Paper in Econometrics and Applied Statistics 69/93, Department of Econometrics, University of New England.
- (1995). “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”, *Empirical Economics*, vol. 20, pp. 325-332.
- Battese, G., T. Coelli y T. Colby (1989). “Estimation of frontier production functions and the efficiencies of Indian farms using panel data from ICRISAT’S Village level studies”, *Journal of Quantitative Economics*, vol. 5, pp. 327-348.
- Becerril, O., I. Álvarez y R. Vergara (2007). “Disparidades en eficiencia técnica y convergencia en eficiencia en México: un análisis de frontera”, *Quivera*, vol. 9, núm. 2. pp. 131-154.

- Becerril, O., M. Díaz y L. Del Moral (2013). “Frontera tecnológica y productividad total de los Factores de las Regiones de México”, *Región y Sociedad*, vol. 25, núm. 57, pp. 5-26.
- Beeson, P. y S. Husted (1989). “Patterns and determinants of productive efficiency in state manufacturing”, *Journal of Regional Science*, vol. 29, núm. 1. pp. 15-28.
- Boisso, D., S. Grosskopf y K. Hayes (2000). “Productivity and Efficiency in the US: effects of business cycles and public capital”, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 30, pp. 663-681.
- Braun, F. y A. Cullmann (2008). “Key Parameters and Efficiency of Mexican Manufacturing -Are There Still Differences between the North and the South: An Application of Nested and Stochastic Frontier Panel Data Models”, *Discussion Papers 816*, German Institute for Economic Research, Berlin.
- Brown, G. y L. Domínguez (1994). “The dynamics of productivity performance in mexican manufacturing 1984-90”, *The Developing Economies*, vol. 22, num. 3, pp. 279-298.
- (2004). “Evolución de la productividad de la industria mexicana: una aplicación con el método de Malmquist”. *Investigación Económica*, vol. 63, núm. 249, pp. 75-100.
- Charnes, A., W. Cooper y E. Rhodes (1978). “Measuring the efficiency of decision making units”, *European journal of operational research*, vol. 2, núm. 4, pp. 429 - 444.
- Delgado M. y I. Álvarez (2003). “Eficiencia técnica y convergencia en los sectores productivos regionales”, *Investigaciones Regionales*, núm. 3, pp. 116-125.
- Domazlicky, B. y L. William (1997). “Total Factor Productivity in the Contiguous United States, 1977-1986”, *Journal of Regional Science*, vol. 37, núm. 2, pp. 213-233.
- Estache A., M. González, y L. Trujillo (2002). *Efficiency Gains from Port Reform and the Potential for Yardstick Competition: Lessons from Mexico* ULB Institutional Repository 2013/43983, ULB -- Universite Libre de Bruxelles.

- Färe, R. y Lovell, C. (1978). “Measuring the Technical Efficiency of Production”, *Journal of Economic Theory*, vol. 19, pp. 150-162.
- Färe, R., S. Grosskopf y C. Lovell (1994). *Production Frontiers*, Cambridge University Press.
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris y Z. Zhang (1994). “Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries”, *American Economic Review*, vol. 84, num. 1, pp. 66-83.
- Farrell, M. (1957). “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120, núm. 3, pp. 253-290.
- Gumbau, M. y J. Maudos (1996). “Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación fronterera”, *Revista Española de Economía*, vol. 13, núm. 2. pp. 239-260.
- (2002). “The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry”, *Applied Economics*, vol. 34. pp. 1941-1948.
- Hernández-Trillo F., J. Pagán y J. Paxton (2005). “Start Up Capital and technical Efficiency in Microenterprises in Mexico”, *Review of Development Economics*, pp. 434-447.
- Herrera R. (2012). “Eficiencia técnica y empleo: criterios de elección de progreso técnico en el sector manufacturero de México”, *Análisis Económico*, vol. 37, núm. 66, pp. 149-196.
- INEGI (2004). Censos Económicos 2004. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI (2009). Censos Económicos 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Jayasuriya, R. y Quentin W. (2007). “Efficiency in Improving Health and Education Outcomes: Provincial and State-Level Estimates for Argentina and Mexico”, *Estudios Económicos*, vol. 22, num. 1, pp. 57-97.
- Kumbhakar, C., S. Ghosh y J. McGuckin (1991). “A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms”, *Journal of Business & Economic Statistics, American Statistical Association*, vol. 9, núm. 3. pp. 279-86.

- Lucia, A. (2007). “Comparación de la eficiencia técnica de las universidades públicas en Argentina”, trabajo presentado en el *II Congreso Nacional y I Encuentro Latinoamericano de Estudios Comparados en Educación*, Buenos Aires, 14-16 de junio.
- Lynde, C. y J. Richmond (1999). “Productivity and efficiency in the UK: a time series application of DEA”, *Economic Modelling*, vol. 16, pp. 105-122.
- Mahallati, M. y F. Hosseinzadek (2010). “Network data envelopment analysis model for estimating efficiency and productivity in universities”, *Journal of Computer Science*, vol. 6, núm. 11, pp. 1235-1240.
- Maudos, J., J. Pastor y L. Serrano (1998). “Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad”, *Revista Española de Economía*, vol. 15, núm. 2, pp. 235-264.
- (1999a). “Total factor productivity measurement and human capital in OECD countries”. *Economic Letters*, vol. 63, pp. 39-44.
- (1999b). “Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad”, *Revista Española de Economía*, vol. 15, núm. 2, pp. 235-264.
- Paxton, J. (2007). “Technical Efficiency in a Semi-Formal Financial Sector: The Case of Mexico”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 69, núm. 1, pp. 57-74.
- Peñaloza-Ramos, M. (2006). “Evaluación de la eficiencia en instituciones hospitalarias públicas y privadas con Data Envelopment Analysis (DEA)”, *Serie Archivos de Economía*. Dirección de Estudios Económicos, Departamento Nacional de Planeación, República de Colombia, pp. 1-39.
- Salinas, M., F. Pedraja y J. Salinas (2001). *Efectos del capital público y del capital humano sobre la Productividad Total de los Factores en las regiones españolas*. Comunicación presentada en el II Encuentro de Economía Pública, Cáceres, España.
- Seiford, L. y R. Thrall (1990). “Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis”, *Journal of Econometrics*, vol. 45, pp. 7-38.
- Tovar, M. (2012). “El impacto de la apertura comercial en la eficiencia técnica de las manufacturas en México: Un Análisis por Entidad Federativa”. *Economía*, vol. 29, núm. 79, pp. 9-31.

Vedenov, D., V. Houston, y G. Cardenas (2007). Production Efficiency and Diversification in Mexican Coffee-Producing Districts. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, vol. 39, num. 03, pp. 749-763.

Zieschang, K. (1984). “An Extended Farrell Technical Efficiency Measure”. *Journal of Economic Theory*, vol. 33, pp. 387-396.

Recibido: 25 de agosto de 2015

Reenviado: 26 de febrero de 2016

Aceptado: 02 de marzo de 2016

Osvaldo U. Becerril Torres. Es Doctor en Ciencias Económico Administrativas. Actualmente se encuentra adscrito a la Universidad Autónoma del Estado de México, asimismo, desarrolla la línea de investigación “Eficiencia técnica y convergencia” y entre sus publicaciones en coautoría sobresalen: “Intra-regional disparities in efficiency and productivity of financial and insurance system of Mexico” (2014). *Revista de Economía*, vol. 31, núm. 82, pp. 77-112; “Uso de las tecnologías de la información y comunicación. Una contextualización desde el caso de las PYMEs mexicanas”, (2014). *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, vol. 9, num. 1, pp. 1639-1650; “Es óptimo el uso de los factores productivos en México? Una respuesta a través del Análisis de Fronteras Estocásticas” (2014). *Revista Investigación y Ciencia*, núm. 62, pp. 42-48.

Correo electrónico: obecerrilt@uaemex.mx

Gabriela Munguía Vázquez. Es Doctora en Ciencias Económico Administrativas. Actualmente se encuentra adscrita a la Universidad Autónoma del Estado de México, asimismo, desarrolla la línea de investigación “Economía Internacional y Competitividad” y entre sus publicaciones en coautoría sobresalen: “La competitividad de los productos textiles mexicanos en el marco de la Alianza del Pacífico, 1980-2014” (2015). *Revista de Estudios en Contaduría, Administración e informática*, vol. 4, núm. 1; “Medición de la Competitividad de los productos textiles mexicanos en el Marco de la Alianza del pacífico 1980-2014” (2015). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey; “Balanza comercial México Estados Unidos 2010-2013.2” (2013). *Economía actual*, vol. VI, núm. 2, pp. 8-12.

Correo electrónico: gmunguia2000@hotmail.com

Rosa Azalea Canales García. Es Doctora en Ciencias Económico Administrativas. Actualmente se encuentra adscrita a la Facultad de Economía, en la Universidad Autónoma del Estado de México, Asimismo, desarrolla las líneas “Incubadoras de empresas”, “Redes de conocimiento”, “Institucionalismo económico” y entre sus publicaciones como coautora sobresalen: “Propuesta metodológica para el estudio de incubadoras de empresas a partir de los enfoques Análisis de Redes Sociales (ARS) y redes de conocimiento: el caso de las incubadoras de la UAEMex” (2013). *Revista Acta Universitaria*, vol. 23, núm. 2, pp. 27-37; “Modelo Triple Hélice e incubadoras de empresas: una propuesta de evaluación, Vectores de Investigación” (2012). *Vectores de investigación*, vol. 4, núm. 4, pp. 93-110; “Presencia de las instituciones en los enfoques del institucionalismo económico: convergencias y divergencias” (2011), *Revista CS*, núm. 8, pp. 83-110.

Correo electrónico: azalea_canales@hotmail.com, racanalesg@uaemex.mx