

FRONTERA TECNOLÓGICA Y EFICIENCIA TÉCNICA SECTORIAL EN MÉXICO: UN ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Oswaldo U. Becerril-Torres ¹
Inmaculada C. Álvarez Ayuso ²
Reyna Vergara González ³
Laura E. del Moral Barrera ⁴

ÍNDICE

Resumen	135
Abstract	136
1. Introducción	136
2. Metodología	137
3. Bases de datos y fuentes de información empleadas	139
4. Resultados	140
5. Conclusiones	143
Referencias	144
Anexo	146

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar la frontera tecnológica y la eficiencia técnica sectorial de México. La metodología empleada es el Data Envelopment Analysis. Los resultados muestran, en primer lugar, que los sectores

1 Becerril-Torres. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México. C.P. 50120. Teléfono: 01 722 213 1374. Correo electrónico: obecerrilt@uaemex.mx

2 Álvarez-Ayuso. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de C.C. Económicas y Empresariales. Campus de Cantoblanco. 28049 Madrid. Teléfono: +34 91 497 2858. Correo electrónico: inmaculada.alvarez@uam.es

3 Vergara-González. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México. C.P. 50120. Teléfono: 01 722 213 1374. Correo electrónico: reyna_vg@yahoo.com

4 Del Moral-Barrera. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México. C.P. 50120. Teléfono: 01 722 213 1374. Correo electrónico: lauraelena_toluca1@yahoo.com.mx

relacionados con la agricultura, minería, manufacturas, servicios financieros, profesionales y corporativos, son totalmente eficientes bajo rendimientos variables a escala mientras que bajo rendimientos constantes se excluye el sector 11; la media de eficiencia es de 0.71 bajo rendimientos variables y 0.64 bajo rendimientos constantes a escala, por lo que existe la posibilidad de mejorar el output en aproximadamente un 30% haciendo mejor uso del capital y el empleo.

PALABRAS CLAVE: DATA ENVELOPMENT ANALYSIS, EFICIENCIA TÉCNICA, FRONTERA TECNOLÓGICA.

JEL: C14, D24, O15, O47

ABSTRACT

This research aims to determine the technological frontier and technical sectorial efficiency in Mexico. The methodology is based on Data Envelopment Analysis. The results show, first, that the sectors related to agriculture, mining, manufacturing, financial services, professional and corporative, are fully efficient under variable returns to scale while under constant returns excluding the sector 11. The average efficiency is 0.71 under variable returns and 0.64 under constant returns to scale, so there is the possibility of improving the output by about 30% doing better use of capital and employment.

KEY WORDS: DATA ENVELOPMENT ANALYSIS, TECHNICAL EFFICIENCY, TECHNOLOGICAL FRONTIER.

1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento de la economía mexicana en el año 2008 fue reflejó de un conjunto de sucesos que acontecieron en el entorno externo, motivado por un fuerte deterioro de los mercados financieros internacionales. En este contexto, la tasa de crecimiento de la economía global se redujo de manera importante. En Estados Unidos, el crecimiento del Producto Interno Bruto, PIB, resultó significativamente inferior al observado en el año anterior, al entrar esa economía en una recesión que inició en diciembre de 2007 y continuó a lo largo de 2008. Las economías emergentes, aunque continuaron expandiéndose a un ritmo significativamente mayor al observado en las economías avanzadas, también crecieron a tasas menores que las registradas en 2007.

En el ámbito nacional, algunos de los principales aspectos que caracterizaron el desempeño de la actividad económica en 2008 fueron los siguientes: La formación bruta de capital

fijo mostró un comportamiento heterogéneo a lo largo del año. Durante la primera mitad de 2008, la inversión mantuvo la tendencia creciente que había registrado desde 2004. No obstante, a partir del tercer trimestre del año se observó una tendencia negativa.

En México, en 2008, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, el PIB creció 1.3 por ciento anual a precios constantes y la formación bruta de capital fijo a precios constantes creció 4.9 por ciento anual, mostrando una desaceleración. Entre los factores que contribuyeron a esto sobresalen un mayor debilitamiento de la demanda agregada; un deterioro de los indicadores de confianza y del clima de los negocios de las empresas así como una desaceleración del financiamiento otorgado a las empresas.

El debilitamiento de la actividad económica en 2008 se reflejó en una menor demanda de trabajo, particularmente en el sector formal de la economía, así como en una tendencia al

alza de la tasa de desocupación a nivel nacional (Banco de México, (2009)).

Ante este escenario, resulta de interés conocer cómo se llevó a cabo la combinación de los factores productivos en el ámbito sectorial del país, e identificar el nivel de eficiencia técnica del mismo en esas condiciones. Para ello, se hace uso de técnicas no paramétricas para la determinación de la eficiencia técnica sectorial, partiendo de manera inicial con la revisión de la literatura más destacada sobre este tema. De ello, la literatura tradicional sobre los determinantes de la producción no tiene en consideración la posible existencia de ineficiencia en el uso de los factores productivos, o bien ha utilizado funciones de producción medias, en donde se asume que todas las unidades productivas funcionan de manera eficiente alcanzando la frontera de producción potencial; sin embargo, recientemente se reconoce que existen brechas entre la eficiencia técnica potencial y la observada en la realidad empírica, derivadas de que no se están realizando las mejores prácticas en el proceso productivo.

Surge así una línea de investigación que plantea modelos basados en las técnicas de frontera no paramétrica, que permiten identificar el uso ineficiente de los factores productivos y realizar estimaciones bajo estas condiciones. La evidencia empírica en la que se hace uso de este tipo de cálculos *frontera* permite observar la existencia de ineficiencias en el uso de los factores productivos privados (Gumbau y Maudos (1996), Beeson y Husted (1989), entre otros). Entre los trabajos que se basan en técnicas no paramétricas están los realizados por Maudos, *et al.* (1998, 1999) y Salinas, *et al.* (2001), quienes analizan las regiones españolas. Por su parte, Domazlicky y Weber (1997) y Boisso *et al.* (2000) se centran en la economía estadounidense, mientras que Lynde y Richmond (1999) analizan el Reino Unido. Así mismo, Peñaloza (2006) aplica la metodología al sistema de salud en Colombia. Por su parte, Lucía, *et al.* (2007) analizan las universidades públicas en Argentina y Mahallati & Hosseinzadek (2010) proponen un método de redes de análisis envolvente de datos para estimar la eficiencia en universidades.

En México son pocos los trabajos que incorporan el cálculo de la eficiencia técnica en la producción mediante técnicas no paramétricas, entre los que se identifican el de Sigler (2004), quien analiza la eficiencia en la producción de investigación económica en la Ciudad de México; Nevárez *et al.* (2007) y Salinas, *et al.* (2009) aplican su análisis al ámbito de la sanidad; Villarreal y Cabrera (2007) proponen diferentes esquemas para hacer más eficiente el uso del DEA para resolver problemas de optimización de criterios múltiples y, Navarro y Torres (2006) lo aplican a la industria eléctrica de México. En el ámbito de análisis de la eficiencia técnica, esta metodología ha sido aplicada por Álvarez *et al.* (2008) para la determinación de la frontera tecnológica de las entidades federativas de México, también por Ablanedo-Rosas & Gemoets (2010) a los aeropuertos de México y Griffin & Woodward (2011) al ámbito pesquero. Sin embargo, no se identifican estudios para este país que contribuyan a tener un mejor entendimiento en el ámbito sectorial. Por ello, el objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia técnica de los sectores productivos del país y determinar cuáles de ellos están realizando las mejores prácticas en sus procesos productivos.

Para la consecución de dicho objetivo, el estudio se estructura de la siguiente manera: en el apartado dos se desarrolla la metodología empleada. En el tres se exponen las bases de datos utilizadas y fuentes de información empleadas. En el apartado cuatro se presentan los resultados obtenidos. Por último, se presentan las principales conclusiones.

2. METODOLOGÍA

El cálculo de la ineficiencia ha supuesto la principal motivación en el estudio de las fronteras de producción. Desde esta perspectiva, existen dos enfoques en la construcción de fronteras: el basado en las técnicas de programación matemática, y el que se fundamenta en las herramientas econométricas. La principal ventaja del primero de ellos o aproximación

“Data Envelopment Analysis”⁵ (DEA) radica en que no necesita imponer una forma funcional explícita sobre los datos.

Desde el punto de vista no-paramétrico se implementan empíricamente las medidas de eficiencia desarrolladas por Farrell (1957) usando métodos de programación lineal, denominados Análisis Envoltente de Datos (DEA⁶ por sus siglas en inglés). Farrell propuso que la eficiencia de una unidad de decisión (DMU⁷) se constituye de dos componentes: “eficiencia técnica”, que refleja la habilidad para obtener el máximo *output* para un conjunto dado de *inputs*, y la “eficiencia en precios o asignativa”, que refleja la habilidad para usar los *inputs* en las proporciones óptimas, dados sus respectivos precios. Este análisis centra la atención en las medidas de eficiencia técnica *output*-orientadas, que responden a la pregunta acerca de cuánto se puede expandir el *output* sin alterar la cantidad de *inputs* necesaria⁸.

El modelo DEA sobre el que se efectúa el cálculo de la eficiencia técnica y de escala es el desarrollado en Seiford & Thrall (1990)⁹. El propósito de estos modelos radica en construir una frontera de posibilidades de producción no-paramétrica, que envuelva los datos. De ello, considérense N unidades de decisión en donde cada DMU consume cantidades de M *inputs* para producir S *outputs*. Específicamente, la DMU_j consume X_{ji} del *input* i y produce Y_{jr} del

output r. Se asume que X_{ji} ≥ 0 y Y_{jr} ≥ 0. Asimismo, X e Y son matrices de tamaño MxN y SxN, que contienen la totalidad de *inputs* y *outputs* correspondientes a las N DMU’s consideradas (en este estudio, la j-ésima DMU hace referencia al j-ésimo sector de la economía mexicana, con j=1, 2,...,19). Para una DMU su *ratio input/output* proporciona una medida de eficiencia. En programación matemática este *ratio*, que se minimiza, constituye la función objetivo de la DMU analizada. Por su parte, la incorporación de restricciones normalizadas refleja la condición de que el *ratio input/output* de cada DMU debe ser superior a la unidad, de manera que la frontera calculada envuelva a las distintas combinaciones *input-output* correspondientes a la totalidad de DMU’s consideradas. Por tanto, el programa matemático para el *ratio* de eficiencia será:

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

, donde las variables son u y v, vectores de tamaño Sx1 y Mx1, respectivamente. De esta forma, se calculan los pesos óptimos u* y v*, asociados a los *outputs* e *inputs*.

Sin embargo, este último problema proporciona infinitas soluciones, para lo cual se incorpora la restricción μ^Ty₀=1, que lleva a obtener μ y v como resultado de la transformación:

$$\begin{aligned} & \text{Min } v^T x_0 \\ & \mu, v \\ & \text{s.a. } \mu^T y_0 = 1 \\ & \quad v^T X - \mu^T Y \geq 0 \\ & \quad \mu^T \geq 0 \\ & \quad v^T \geq 0 \end{aligned}$$

Cuyo problema dual es:

$$\begin{aligned} (2.1.) \quad & \text{Max } \phi \\ & \phi, \lambda \\ & \text{s.a. } X\lambda \leq x_0 \\ & \quad \phi y_0 - Y\lambda \leq \epsilon 0 \\ & \quad \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

donde φ es un escalar y λ es un vector Nx1.

5 Data Envelopment Analysis, es un método que en esencia permite construir una frontera de posibilidades de producción eficiente que “envuelve” a las Unidades de Decisión y permite ubicarlas respecto a ella. Así, las Unidades de Decisión eficientes técnicamente se sitúan sobre esta.

6 DEA proviene del inglés: Data Envelopment Analysis.

7 DMU hace referencia a “Decision Making Unit”, que es un término más amplio que el de firma.

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

9 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).

El proceso se repite para cada DMU_j, introduciendo en el problema anterior $(x_0, y_0) = (x_j, y_j)$. Una DMU es ineficiente si $\phi^* < 1$ y eficiente si $\phi^* = 1$. Por tanto, todas las DMU eficientes se sitúan en la frontera de posibilidades de producción. Sin embargo, una DMU puede situarse en la frontera ($\phi^*=1$) y ser ineficiente. Las restricciones impuestas conducen a la eficiencia en el punto (x_0, y_0) para un λ^* óptimo cuando éstas se cumplen con igualdad, es decir $x_0 = X\lambda^*$ y $y_0 = Y\lambda^*$. Una DMU ineficiente puede llegar a ser más eficiente cuando se proyecta sobre la frontera. Aunque es necesario distinguir entre un punto fronterizo y un punto fronterizo eficiente. Para una orientación *output* la proyección $(x_0, y_0) \rightarrow (x_0, \phi^* y_0)$ siempre conduce a un punto fronterizo, pero la eficiencia técnica solo se alcanza si $x_0 = X\lambda^*$ y $\phi^* y_0 = Y\lambda^*$, para todo λ^* óptimo. Entonces, para alcanzar eficiencia técnica total, las restricciones deben cumplirse con igualdad.

El modelo planteado supone rendimientos constantes a escala, en cuyo caso las medidas de eficiencia *input*-orientadas y *output*-orientadas son equivalentes (Färe & Lovell (1978)). Sin embargo, las imperfecciones en el mercado, restricciones financieras, entre otras, pueden provocar que una DMU deje de operar a escala óptima. Por este motivo, Banker, Charnes & Cooper (1984) amplían el modelo suponiendo rendimientos variables a escala, lo que permite calcular eficiencias de escala. Para ello, se debe incorporar la restricción $e^T \lambda = 1$ ("e" es un vector cuyos componentes son la unidad y de tamaño $N \times 1$) en el modelo (2.1.), obteniendo:

$$(2.2.) \quad \begin{aligned} & \text{Max } \phi \\ & \phi, \lambda \\ & \text{s.a. } X\lambda \leq x_0 \\ & \phi y_0 - Y\lambda \leq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & e^T \lambda = 1 \end{aligned}$$

Análiticamente, la restricción $e^T \lambda = 1$ genera un requerimiento de convexidad que obliga a la frontera eficiente de posibilidades de producción a constar de segmentos que unen los puntos extremos. De esta forma, se consigue una medida de eficiencia técnica "pura" (sin

eficiencias de escala). Sin embargo, las medidas de eficiencia de escala obtenidas mediante este procedimiento no indican cuándo la DMU opera en un área de rendimientos crecientes o decrecientes. Por ello, se plantea un modelo alternativo, incorporando la restricción $e^T \lambda \leq 1$ (rendimientos crecientes no permitidos) en el modelo (2.1.):

$$(2.3.) \quad \begin{aligned} & \text{Max } \phi \\ & \phi, \lambda \\ & \text{s.a. } X\lambda \leq x_0 \\ & \phi y_0 - Y\lambda \leq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & e^T \lambda \leq 1 \end{aligned}$$

La naturaleza de las eficiencias de escala para una DMU particular se determina comparando las medidas de eficiencia técnica obtenidas mediante la implementación de los modelos (2.2.), en el que se suponen rendimientos a escala variables, y (2.3.), en el que únicamente se permiten rendimientos decrecientes a escala. Así pues, si éstas coinciden en ambos modelos, entonces la DMU considerada presenta rendimientos decrecientes a escala (en caso contrario, rendimientos crecientes).

3. BASES DE DATOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN EMPLEADAS

Los datos de los 19 sectores productivos considerados corresponden al año 2008. El producto está representado por la Producción Bruta Total, PBT, la inversión mediante la Formación Bruta de Capital Fijo, FBCF, y el empleo hace referencia al personal ocupado total, 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 2009 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, INEGI.

La clasificación sectorial es la utilizada por el INEGI en los Censos Económicos 2009, la cual está organizada de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN, México 2007 y los sectores considerados son los disponibles en dichos censos. La tabla 1 muestra los sectores considerados:

TABLA 1
SECTORES PRODUCTIVOS

Sector 11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza
Sector 21	Minería
Sector 22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final
Sector 23	Construcción
Sector 31-33	Industrias manufactureras
Sector 43	Comercio al por mayor
Sector 46	Comercio al por menor
Sector 48-49	Transportes, correos y almacenamiento
Sector 51	Información en medio masivos
Sector 52	Servicios financieros y seguros
Sector 53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
Sector 54	Servicios profesionales, científicos y técnicos
Sector 55	Corporativos
Sector 56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
Sector 61	Servicios educativos
Sector 62	Servicios de salud y de asistencia social
Sector 71	Servicios de esparcimiento, culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
Sector 72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
Sector 81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/rd.asp>, consultado el 13 de mayo de 2001.

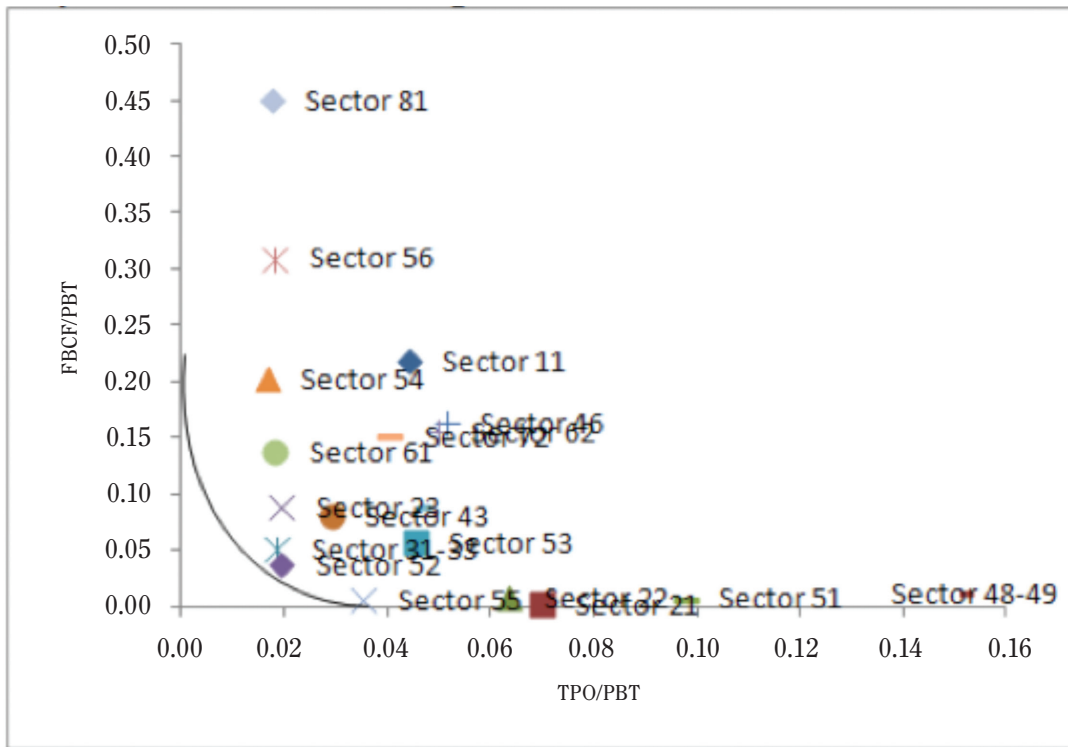
A partir de esta clasificación y de la aplicación de las ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.3 se obtuvo la eficiencia técnica de los sectores, que a continuación se presenta.

4. RESULTADOS

Derivado de la obtención de los cocientes de inputs a output, que se presentan en el

anexo A-1, se construye una frontera de máxima producción con los factores productivos disponibles (capital y empleo) para los sectores económicos de México para el año 2008 y se determina la frontera tecnológica y la posición de los sectores respecto a esta, la cual se muestra en el gráfico 1, en donde se observa que la frontera esta determinada por el sector 52 de servicios financieros y 55 corporativos.

GRÁFICO 1
FRONTERA TECNOLÓGICA SECTORIAL DE MÉXICO, AÑO 2008



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Siguiendo la metodología descrita con anterioridad¹⁰, el cálculo de la eficiencia técnica se ha llevado a cabo mediante el uso del software DEAP¹¹ 2.1., que se basa en el método de estimación de múltiples etapas para la resolución de modelos DEA descrito en Coelli (1998).

Derivado de la implementación de las ecuaciones (2.1.) y (2.2.) se determinaron las eficiencias técnica y de escala. Si una DMU es eficiente en el sentido de Rendimientos Constantes de Escala, CRS¹², entonces será eficiente tanto a escala como técnicamente, por lo que su eficiencia de escala será igual a uno. Así, la tabla 2 muestra que los sectores de la minería, manufacturas, financieros, profesionales y

científicos así como los servicios corporativos son eficientes en el sentido de CRS.

Para conocer si la ineficiencia de una DMU es debida a que está operando en el área de rendimientos decrecientes a escala, DRS¹³, o en el área de rendimientos crecientes a escala, IRS¹⁴, debe sustituirse la restricción $e^T=1$ por $e^T \leq 1$ en la ecuación (2.2.), por lo que no permite rendimientos crecientes a escala. De esta manera si el valor obtenido al ejecutar esta formulación (ecuación 2.3.) es igual a VRS, significa que la DMU está operando en el tramo de la curva de rendimientos decrecientes a escala. Si son distintos, significa que está operando en el tramo de rendimientos crecientes a escala. Por supuesto, las DMU con VRS=CRS tienen

10 Véase Färe, Grosskopf, Norris y Zhang (1994).

11 Coelli (1996).

12 Constant Returns to Scale

13 Diminishing Returns to Scale

14 Increasing Returns to Scale

TABLA 2
EFICIENCIA EN SENTIDO CRS

	Eficiencia técnica CRS	Escala: $te^1 = crste/vrste$
Sector 21. Minería	1	1
Sector 31-33. Industrias manufactureras	1	1
Sector 52. Servicios financieros y de seguros	1	1
Sector 54. Servicios profesionales, científicos y técnicos	1	1
Sector 55. Corporativos	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

la escala óptima. Así, la Tabla 3 permite observar que los sectores de la industria eléctrica, comercio, transportes, información en medios masivos y alojamiento temporal están operando en el segmento de rendimientos decrecientes a escala.

TABLA 3
SECTORES CON RENDIMIENTOS DECRECIENTES A ESCALA

Sector 22. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final
Sector 43. Comercio al por mayor
Sector 46. Comercio al por menor
Sector 48-49. Transportes, correos y almacenamiento
Sector 51. Información en medios masivos
Sector 56. Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
Sector 72. Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Por su parte, la tabla 4 permite observar si los sectores relacionados con la agricultura, construcción, inmobiliario, salud, cultura y deporte se encuentran en el segmento de rendimientos crecientes de escala.

Bajo CRS, los sectores que operan eficientemente son los de la minería, las industrias manufactureras, servicios financieros, profesionales y corporativos. Así mismo la tabla 5 muestra los niveles de eficiencia técnica sectorial de México.

TABLA 4
SECTORES CON RENDIMIENTOS CRECIENTES A ESCALA

Sector 11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza
Sector 23 Construcción
Sector 53 Servicios inmobiliarios de alquiler de bienes muebles e intangibles
Sector 61 Servicios educativos
Sector 62 Servicios de salud y de asistencia social
Sector 71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
Sector 81 Otros servicios excepto actividades gubernamentales

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

En economías como la mexicana, en donde pueden existir imperfecciones en el mercado y restricciones financieras para acceso al capital, estas ocasionan que las organizaciones dejen de operar en escala óptima, por lo que la eficiencia técnica con rendimientos variables a escala permite identificar a los sectores que realizan las mejores prácticas y que a partir de ellas se determina la eficiencia de los demás, de tal manera que en la tabla 5 se identifican los sectores más eficientes, que son los que cuentan con un valor de uno, correspondiendo a la agricultura, minería, manufacturas, servicios financieros, profesionales y corporativos.

A nivel sectorial, la eficiencia técnica promedio bajo VRS es de 0.71, lo que indica que aún se puede expandir la producción haciendo un mejor uso de los factores productivos.

TABLA 5
EFICIENCIA TÉCNICA: RENDIMIENTOS CONSTANTES Y VARIABLES A ESCALA

	crste	vrste
Sector 11. Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	0.381	1
Sector 21. Minería	1	1
Sector 22. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	0.547	0.771
Sector 23. Construcción	0.926	0.938
Sector 31-33. Industrias manufactureras	1	1
Sector 43. Comercio al por mayor	0.622	0.623
Sector 46. Comercio al por menor	0.335	0.358
Sector 48-49. Transportes, correos y almacenamiento	0.209	0.295
Sector 51. Información en medio masivos	0.361	0.521
Sector 52. Servicios financieros y seguros	1	1
Sector 53. Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	0.406	0.49
Sector 54. Servicios profesionales, científicos y técnicos	1	1
Sector 55. Corporativos	1	1
Sector 56. Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	0.92	0.952
Sector 61. Servicios educativos	0.393	0.395
Sector 62. Servicios de salud y de asistencia social	0.347	0.35
Sector 71. Servicios de esparcimiento, culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	0.393	0.555
Sector 72. Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	0.428	0.446
Sector 81 Otros servicios excepto actividades gubernamentales	0.958	0.971
Media	0.644	0.719

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

5. CONCLUSIONES

La disponibilidad de información sobre producción, inversión, empleo de los sectores económicos de México y la utilización de técnicas de análisis de frontera no paramétrica a través del *Data Envelopment Analysis* ha ofrecido la posibilidad de calcular la eficiencia técnica sectorial este país.

A la luz de los resultados, se identifica que los sectores 52 de servicios financieros y 55 corporativos son los que determinan la frontera tecnológica en este país. Así también, se han identificado los sectores que operan con eficiencias a escala y bajo rendimientos crecientes y decrecientes así como la eficiencia técnica bajo

estas condiciones. Así, los sectores de la minería, manufacturas, financieros, profesionales y científicos así como los servicios corporativos son eficientes en el sentido de CRS, en tanto que los sectores de la industria eléctrica, comercio, transportes, información en medios masivos y alojamiento temporal están operando en el segmento de rendimientos decrecientes a escala. Por su parte, los sectores relacionados con la agricultura, construcción, inmobiliario, salud, cultura y deporte se encuentran en el segmento de rendimientos crecientes de escala. Bajo VRS, los sectores que operan eficientemente son los de la agricultura, minería, las industrias manufactureras, servicios financieros, profesionales y corporativos. Por

ultimo, los sectores más eficientes bajo CRS son los que corresponden a la minería, manufacturas, servicios profesionales, inmobiliarios y corporativos.

A nivel sectorial, la eficiencia técnica promedio es de 0.71, lo que indica que aun es posible expandir la producción haciendo un mejor uso de los factores productivos.

A la luz de estos resultados, es posible expresar la necesidad de la incorporación de innovaciones en los procesos productivos, al tiempo que no se deben dejar de lado aspectos relacionados con el mejor uso de los insumos capital y empleo para expandir la producción sectorial en México.

Derivado de este estudio, se observa que es importante buscar mecanismos y acciones de política económica que redunden en un mejor uso de los factores, lo cual podría ser posible a través de la implementación de programas de capacitación y adiestramiento para el trabajo acordes a los requerimientos tecnológicos, así como a través de la implementación de políticas educativas encaminadas a dar respuesta a las necesidades del sector productivo contemporáneo o para la formación de profesionistas con alta capacidad de innovación y cuya incidencia se mostraría sobre la eficiencia técnica y su mejora. Así, es importante considerar la importancia de la innovación y políticas públicas y acciones privadas que la favorezcan a través del logro de las mejores prácticas en los procesos de producción a nivel sectorial.

REFERENCIAS

- Ablanedo-Rosas, J.H. & Gemoets, L.A. (2010). Measuring the efficiency of Mexican airports. *Journal of Air Transport Management*. 16 (6), 343-345.
- Álvarez I., Becerril O., Del Moral L. y Vergara R. (2008): "Aplicación del Data Envelopment Analysis a la delimitación de la frontera tecnológica en México (1970-2003)". *Revista Enlaces*, 8, CES Felipe Segundo, España.
- Banco de México. (2009). Informe anual 2008. En <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos>. Consultado el 25 de mayo de 2011.
- Banker R.D., Charnes A. and Cooper W.W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*. 30, 1078-1092.
- Beeson P.E. and Husted S. (1989): "Patterns and determinants of productive efficiency in state manufacturing". *Journal of Regional Science*, 29(1), 15-28.
- Boisso D., Grosskopf S. and Hayes K. (2000): "Productivity and efficiency in the US: effects of business cycles and public capital". *Regional Science and Urban Economics*, 30, 663-681.
- Coelli T.J. (1996): *A Guide to DEAP Versión 2.1.: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. Mimeo, Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England, Armidale.
- Coelli T.J. (1998): "A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models". *Operations Research Letters*, 23, 143-149.
- Domazlicky B.R. and Weber W.L. (1997): "Total Factor Productivity in the contiguous United States, 1977-1986". *Journal of Regional Science*, 37, 2, 213-233.
- Färe R. and Lovell C.A.K. (1978): "Measuring the Technical Efficiency of Production". *Journal of Economic Theory*. 19, 150-162.
- Färe R., Grosskopf S. and Lovell C.A.K.(1994): *Production Frontiers*. Cambridge University Press.
- Färe R., Grosskopf S., Norris M. and Zhang Z. (1994): "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries". *American Economic Review*. 84, 66-83.
- Farrell M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*. 120 (3), 253-290.
- Gumbau M. y Maudos J. (1996): "Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación frontera".

- Revista Española de Economía. 13(2), 239-260.
- Griffin, W.L. , Woodward, R.T. (2011). Determining policy-efficient management strategies in fisheries using data envelopment analysis (DEA). *Marine Policy*. 35 (4), 496-507.
- Lucía Alberto, C. (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 al 16 de junio. 1-19.
- Lynde C. and Richmond J. (1999): "Productivity and efficiency in the UK: a time series application of DEA". *Economic Modelling*, 16, 105-122.
- Mahallati Rayeni, Mohamand & Faranah Hosseinzadek Saljooghi (2010). Network Data Envelopment Analysis Model for estimating efficiency and productivity in universities. *Journal of computer science*. 6(11). 1235-1240.
- Maudos J., Pastor J.M. and Serrano L. (1998): *Human capital in OECD countries: technical change, efficiency and productivity*. Documento de trabajo WP-EC-98-19. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (IVIE), España.
- Maudos J., Pastor J.M. and Serrano L. (1999): "Total Factor Productivity measurement and human capital in OECD countries". *Economic Letters*, 63, 39-44.
- Navarro, Ch. Julio Cesar L y Torres Ch. Zacarias (2006): "Análisis de la eficiencia técnica global mediante la metodología DEA: evidencia empírica en la industria eléctrica mexicana en su fase de distribución, 1990-2003". *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*. 1, 9-28.
- Nevárez A., Constantino P. y García F. (2007): "Comparación de la eficiencia técnica de los sistemas de salud en países pertenecientes a la OMS". *Economía, Sociedad y Territorio*, VI(24), 1071-1090.
- Peñalosa Ramos, M.C. (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. 1-39.
- Salinas M.M., Pedraja F. y Salinas J. (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, España.
- Salinas-Martínez A.M., Amaya-Alemán M.A., Arteaga-García J.C., Núñez-Rocha G.M., Garza-Elizondo M.E. (2009): "Eficiencia técnica de la atención al paciente con diabetes en el primer nivel". *Salud pública de México*. 51 (1), 48-58. enero-febrero.
- Seiford L.M. and Thrall R.M. (1990): "Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis". *Journal of Econometrics*. 45, 7-38.
- Sigler L.A. (2004): *Aplicación del Data Envelopment Análisis a la producción de investigación económica en la Ciudad de México: la eficiencia relativa del CIDE, COLMEX, IPN, UAM y UAM (1990-2002)*. Ponencia presentada en el 4th International Symposium of Data Envelopment Analysis and Performance Management, celebrado en la ciudad de Birmingham (Inglaterra).
- Villarreal M. M. G. y Cabrera R. M. (2007): "Agrupamiento de datos para la solución del problema de optimización multicriterio". *Ciencia*, X (2), 137-142.

ANEXO

A-1. RAZONES INPUT/OUTPUT, AÑO 2008

Sector	FBCF/Prod. Bruta	PO/Prod. Bruta
Sector 11	0.04	0.22
Sector 21	0.07	0.00
Sector 22	0.06	0.01
Sector 23	0.02	0.09
Sector 31-33	0.02	0.05
Sector 43	0.03	0.08
Sector 46	0.05	0.16
Sector 48-49	0.15	0.01
Sector 51	0.10	0.01
Sector 52	0.02	0.04
Sector 53	0.05	0.06
Sector 54	0.02	0.20
Sector 55	0.04	0.01
Sector 56	0.02	0.31
Sector 61	0.04	0.14
Sector 62	0.05	0.15
Sector 71	0.05	0.09
Sector 72	0.04	0.15
Sector 81	0.02	0.45

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.