

FRONTERA TECNOLÓGICA Y EFICIENCIA TÉCNICA DEL SECTOR MANUFACTURERO DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS DE MÉXICO: UNA PERSPECTIVA DEA¹

*Oswaldo U. Becerril-Torres**
Inmaculada C. Álvarez Ayuso
Miguel Ángel Díaz Carreño

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo determinar la frontera tecnológica y la eficiencia técnica del sector manufacturero de las entidades federativas de México. La metodología empleada es el Data Envelopment Analysis. Los resultados muestran, en primer lugar, que las industrias manufactureras del Estado de Tabasco determinan la frontera tecnológica y que es eficiente en el sentido de rendimientos constantes a escala, en tanto que entidades federativas como el Distrito Federal, Jalisco y México están operando en el segmento de rendimientos decrecientes a escala. Por su parte, Estados como Baja California Sur, Campeche y Colima se encuentran en el segmento de rendimientos crecientes de escala. En sentido de rendimientos variables a escala la eficiencia técnica promedio es de 0.68, lo que indica que aun es posible expandir la producción del sector en poco más del 30% haciendo un mejor uso de los factores productivos. Así mismo se han establecido tres estratos atendiendo a los niveles de eficiencia técnica y se identifica que 15 entidades federativas corresponden al estrato alto.

Palabras clave: Data Envelopment Analysis, Eficiencia técnica, rendimientos constantes de escala, rendimientos variables de escala, industrias manufactureras.

*Correspondencia autor

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

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

Díaz-Carreño. 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: madiaz@colpos.mx

Introducción

En el año 2008 el comportamiento de la economía mexicana fue reflejó de un conjunto de sucesos que acontecieron en el entorno externo, mostrando un fuerte deterioro de los mercados financieros internacionales. En este contexto, la tasa de crecimiento de la economía global se redujo de manera importante, situándose en 3.2%. 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 la formación bruta de capital fijo.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el PIB de México creció 1.3 por ciento anual a precios constantes en 2008. En este año, la formación bruta de capital fijo a precios constantes creció 4.9 por ciento anual. Esta cifra fue menor a la observada en los cuatro años anteriores.

Entre los factores que contribuyeron a la desaceleración de la formación bruta de capital fijo, 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.

Por su parte, la disminución que registró la producción manufacturera estuvo influida por el menor dinamismo de las exportaciones efectuadas por el sector, resultado de la recesión en Estados Unidos y en las economías de otros socios comerciales, así como por la desaceleración de la demanda interna por sus productos. En total, 13 de los 21 subsectores manufactureros mostraron caídas en su producción en 2008. 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 en el sector de las industrias manufactureras del país la combinación de los factores productivos, e identificar el nivel de eficiencia técnica del mismo en el ámbito de las entidades federativas del país. Para ello, se hace uso de técnicas no paramétricas para la determinación de la eficiencia técnica del sector en las entidades federativas, 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, Kirkham y Boussabaine (2005) y Peñaloza (2006) aplican la metodología al sistema de salud. Por su parte, Lucía, *et al.* (2007) analiza 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; Nérvaez *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 de las industrias manufactureras. Por ello, el objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia técnica de los sectores 31-33, industrias manufactureras, de las entidades federativas país y determinar cuales 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” (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 Envolvente de Datos (DEA² por sus siglas en inglés). Farrell propuso que la eficiencia de una unidad de decisión (DMU³) 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* necesaria⁴.

² DEA proviene del inglés: Data Envelopment Analysis.

³ DMU hace referencia a “Decision Making Unit”, que es un término más amplio que el de firma.

⁴ 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*.

El modelo DEA sobre el que se efectúa el cálculo de la eficiencia técnica y de escala es el desarrollado en Seiford & Thrall (1990)⁵. El propósito de estos modelos radica en construir una frontera de posibilidades de producción no-paramétrica, que envuelva los datos. Así, 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 a la j-ésima entidad federativa de la economía mexicana, con j=1, 2,...,32). 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:

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

, 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 $\mu^T y_0 = 1$, que lleva a obtener μ y v como resultado de la transformación:

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

Cuyo problema dual es:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \phi \\ & \phi, \lambda \\ & \text{s.a. } X\lambda \leq x_0 \end{aligned}$$

⁵ 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 Fare, Grosskopf & Lovell (1994).

$$\begin{aligned} \phi y_0 - Y\lambda &\leq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.1.)$$

donde ϕ es un escalar y λ es un vector $N \times 1$.

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 (Fare & 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:

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

Análíticamente, 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.):

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

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 del sector manufacturero de las entidades federativas corresponden al año 2008 de los Censos Económicos de México. 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.

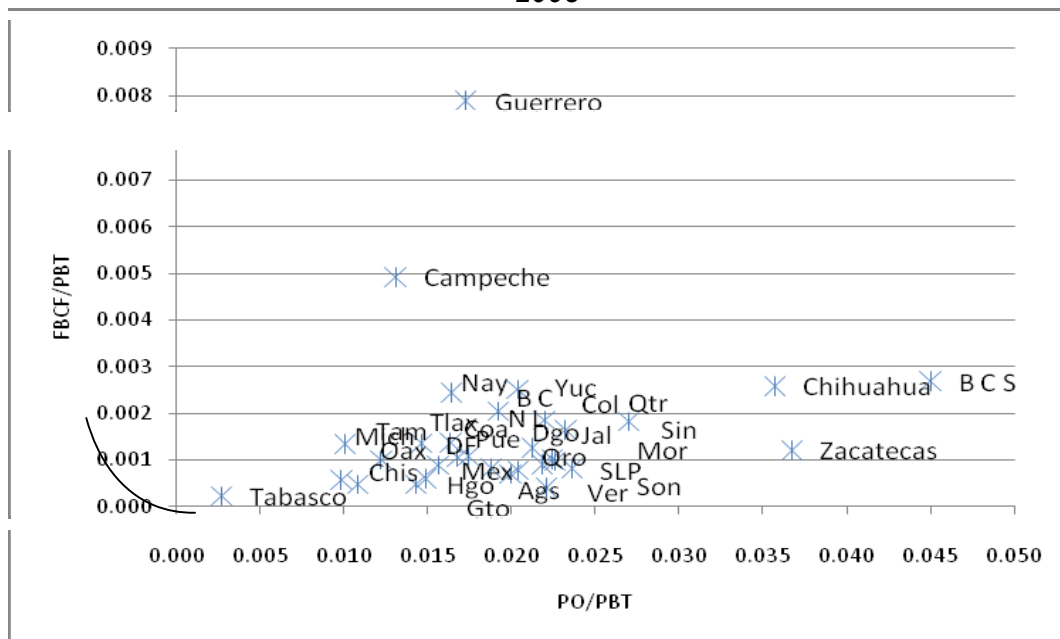
La clasificación sectorial es la utilizada por el INEGI en los Censos Económicos 2009, la cual está organizada de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, SCIAN, México 2007 y los datos de los sectores 31-33, industrias manufactureras considerados, son los disponibles en dichos censos.

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 determinó la frontera tecnológica y posición de las industrias manufactureras de las entidades federativas respecto a esta, la cual se muestra en el gráfico 1, en donde se observa que la frontera esta determinada por la industria del Estado de Tabasco.

Gráfico 1. Frontera tecnológica de las industrias manufactureras de México, año 2008



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Siguiendo la metodología descrita con anterioridad⁶, se construye una frontera de máxima producción con los factores productivos disponibles (capital y empleo) de las industrias manufactureras para el año 2008. El cálculo de la eficiencia técnica se ha llevado a cabo mediante el uso del software DEAP⁷ 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, CRS⁸, entonces será eficiente tanto a escala como técnicamente, por lo que su eficiencia de escala será igual a uno. Así, la tabla 1 muestra que la industria de la entidad federativa eficiente en el sentido CRS es la del Estado de Tabasco.

Tabla 1. Eficiencia Técnica sentido CRS

Entidad federativa	crste	Escala
Tabasco	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Para conocer si la ineficiencia de una DMU es debida a que está operando en el área de rendimientos decrecientes a escala, DRS⁹, o en el área de rendimientos crecientes a escala,

⁶ Véase Fare, Grosskopf, Norris y Zhang (1994).

⁷ Coelli (1996).

⁹ Constant Returns to Scale
 Diminishing Returns to Scale

IRS¹⁰, debe sustituirse la restricción $e^T\lambda=1$ por $e^T\lambda\leq 1$ 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 la escala óptima. Así, la Tabla 2 permite observar las industrias de las entidades federativas que están operando en el segmento de rendimientos decrecientes a escala.

Tabla 2. Entidades federativas con rendimientos decrecientes a escala

Entidad federativa	vrste	Escala
Aguascalientes	0.517	0.541
Baja California Norte	0.614	0.228
Chiapas	0.62	0.646
Chihuahua	0.412	0.217
Coahuila De Zaragoza	1.000	0.382
Distrito Federal	0.967	0.220
Durango	0.335	0.503
Guanajuato	0.937	0.275
Hidalgo	0.903	0.535
Jalisco	0.786	0.232
México	1.000	0.256
Michoacán de Ocampo	0.613	0.437
Morelos	0.362	0.654
Nuevo León	1.000	0.328
Oaxaca	0.855	0.561
Puebla	0.808	0.270
Querétaro de Arteaga	0.647	0.456
San Luis Potosí	0.575	0.484
Sinaloa	0.263	0.530
Sonora	0.596	0.382
Tamaulipas	1.000	0.231
Tlaxcala	0.341	0.540
Veracruz-Llave	1.000	0.556
Yucatán	0.273	0.484
Zacatecas	0.208	0.923

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

¹⁰ Increasing Returns to Scale

Por su parte, la tabla 3 permite observar las entidades federativas que tienen industrias que se encuentran operando en el segmento de rendimientos crecientes de escala.

Tabla 3. Entidades federativas con rendimientos crecientes a escala

Entidad federativa	vrste	scale
Baja California Sur	1.00	0.09
Campeche	1.00	0.21
Colima	1.00	0.12
Guerrero	0.20	0.79
Nayarit	0.58	0.29
Quintana Roo	0.26	0.48

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Bajo CRS, las industrias manufactureras trabajan eficientemente son las del Estado de Tabasco. Así mismo la tabla 4 muestra los niveles de eficiencia técnica bajo rendimientos constantes y variables a escala.

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 las entidades federativas que realizan las mejores prácticas y que a partir de ellas se determina la eficiencia de las demás, de tal manera que en la tabla 4 se identifican los Estados con industrias más eficientes tanto en el sentido CRS como VRS y son los que cuentan con un valor unitario.

A nivel de los sectores 31-33, la eficiencia técnica promedio es de .0.27 bajo CRS y de 0.68 bajo VRS, lo que indica que aun se puede expandir la producción haciendo un mejor uso de los factores productivos.

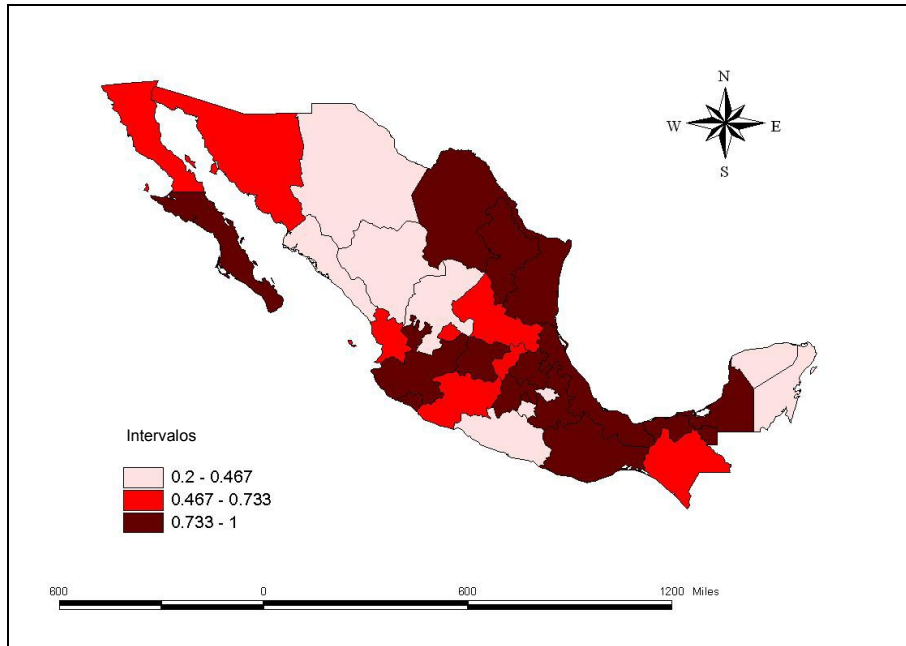
Tabla 4. Eficiencia técnica: rendimientos constantes y variables a escala

Entidad federativa	crste	vrste
Aguascalientes	0.28	0.52
Baja California Norte	0.14	0.61
Baja California Sur	0.09	1.00
Campeche	0.21	1.00
Coahuila De Zaragoza	0.38	1.00
Colima	0.12	1.00
Chiapas	0.40	0.62
Chihuahua	0.09	0.41
Distrito Federal	0.21	0.97
Durango	0.17	0.34
Guanajuato	0.26	0.94
Guerrero	0.16	0.20
Hidalgo	0.48	0.90
Jalisco	0.18	0.79
México	0.26	1.00
Michoacán de Ocampo	0.27	0.61
Morelos	0.24	0.36
Nayarit	0.16	0.58
Nuevo León	0.33	1.00
Oaxaca	0.48	0.86
Puebla	0.22	0.81
Querétaro de Arteaga	0.30	0.65
Quintana Roo	0.13	0.26
San Luis Potosí	0.28	0.58
Sinaloa	0.14	0.26
Sonora	0.23	0.60
Tabasco	1.00	1.00
Tamaulipas	0.23	1.00
Tlaxcala	0.18	0.34
Veracruz-Llave	0.56	1.00
Yucatán	0.13	0.27
Zacatecas	0.19	0.21
Promedio	0.27	0.68

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Para mostrar los niveles de eficiencia técnica en el sentido VRS de las entidades federativas se definen tres estratos: bajo, medio y alto, atendiendo a la metodología de igualdad de intervalos implementado por el Sistema de Información Geográfica, SIG. El mapa 1 permite observar cómo se distribuye el uso de los factores capital y empleo en las industrias manufactureras de las entidades federativas del país.

Mapa 1. Eficiencia técnica en sentido de VRS de las industrias manufactureras de las entidades federativas de México 2008



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

La clasificación en tres estratos permite establecer grupos de entidades federativas atendiendo a los niveles de eficiencia de sus industrias manufactureras, y a partir de ello se identifica que 17 Estados del país se encuentran en los niveles bajo y medio de eficiencia técnica en estos sectores. La tabla 5 muestra a estas entidades y el grupo al que pertenecen.

Tabla 5. Estratificación de la eficiencia técnica de las industrias manufactureras en las entidades federativas

Estrato bajo	Rango
Guerrero, Zacatecas, Quintana Roo, Sinaloa, Yucatán, Durango, Tlaxcala, Morelos, Chihuahua	0.27-0.467
Estrato medio	Rango
Aguascalientes, San Luis Potosí, Nayarit, Sonora, Michoacán de Ocampo, Baja California Norte, Chiapas, Querétaro de Arteaga	0.467-0.733

<i>Estrato alto</i>	<i>Rango</i>
Jalisco, Puebla, Oaxaca, Hidalgo, Guanajuato, Distrito Federal, Baja California Sur, Campeche, Coahuila De Zaragoza, Colima, México, Nuevo León, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz-Llave	0.733-1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Así mismo, en la tabla anterior se identifica que 15 Estados se encuentran en el rango alto de eficiencia técnica y son los que están realizando las mejores prácticas en el uso de sus factores productivos. De estos, como se observó en la tabla 4, nueve son los cuentan con eficiencia técnica total, por lo que las otras 23 entidades federativas pueden mejorar la producción de su industria manufacturera haciendo mejor uso de sus factores, capital y empleo.

5. Conclusiones

La disponibilidad de información sobre producción, inversión y empleo de los sectores 31-33, industrias manufactureras de las entidades federativas de México y la utilización de técnicas de análisis de frontera no paramétrica a través del *Data Envelopment Analysis* ha ofrecido la posibilidad calcular la eficiencia técnica de este sector y poder identificar la forma en que se esta haciendo uso de los factores en este.

A la luz de los resultados, se identifica que las industrias manufactureras del Estado de Tabasco son las que determinan la frontera tecnológica del sector manufacturero de las entidades federativas de este país. Así también, se han identificado a los Estados que operan con eficiencias a escala y bajo rendimientos crecientes y decrecientes así como la eficiencia técnica bajo estas condiciones. Así, las industrias manufactureras del Estado de Tabasco son eficientes en el sentido de CRS, en tanto que entidades federativas como el Distrito Federal, Jalisco y México están operando en el segmento de rendimientos decrecientes a escala. Por su parte, los Estados como Baja California Sur, Campeche y Colima se encuentran en el segmento de rendimientos crecientes de escala. Por ultimo, bajo VRS, Estados como Baja California, Baja California Sur, Querétaro, son completamente eficientes.

En sentido de VRS, la eficiencia técnica promedio es de 0.68, 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, en este caso, nuevos modelos educativos que permitan responder a los requerimientos de las industrias manufactureras actuales, al tiempo que no se debe dejar de lado aspectos relacionados con el mejor uso de los insumos capital y empleo para expandir la producción del sector 31-33 de las entidades federativas de 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 implementación de programas de capacitación y adiestramiento acordes a los requerimientos tecnológicos y científicos, así como a través de la implementación de políticas educativas encaminadas a fortalecer al sector educativo acorde a la dinámica contemporánea de la educación superior, 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 las políticas públicas y acciones privadas que la favorezcan a través del logro de las mejores prácticas en los procesos de producción a nivel del sector de las industrias manufactureras.

Referencias

Ablanedo-Rosas, J.H. & Gemoets, L.A. (2010). Measuring the efficiency of Mexican airports. *Journal of Air Transport Management*, vol. 16 (6), pp. 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*, vol. 30, pp. 1078-1092.

Beeson P.E. and Husted S. (1989): "Patterns and determinants of productive efficiency in state manufacturing". *Journal of Regional Science*, vol. 29(1), pp. 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*, vol. 30, pp. 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*, vol. 23, pp. 143-149.

Domazlicky B.R. and Weber W.L. (1997): "Total Factor Productivity in the contiguous United States, 1977-1986". *Journal of Regional Science*, vol. 37, 2, pp. 213-233.

Fare R. and Lovell C.A.K. (1978): "Measuring the Technical Efficiency of Production". *Journal of Economic Theory*, vol. 19, pp. 150-162.

Fare R., Grosskopf S. and Lovell C.A.K. (1994): *Production Frontiers*. Cambridge University Press.

Farrell M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120, Part 3, pp. 253-290.

Gumbau M. y Maudos J. (1996): "Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación fronteriza". *Revista Española de Economía*, vol. 13, nº2, pp. 239-260.

Griffin, W.L., Woodward, R.T. (2011). Determining policy-efficient management strategies in fisheries using data envelopment analysis (DEA). *Marine Policy*, vol. 35 (4), pp. 496-507.

Kirkham R.J. and Boussabaine A.H. (2005): *The application of data envelopment analysis for performance measurement of the UK national health service state portfolio*. Conference Proceedings, QUT Research Week 2005, 4-5 July 2005, Australia.

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*, vol. 16, pp. 105-122.

Mahallati Rayeni, Mohamand & Faranah Hosseinzadek Saljooghi (2010). Network Data Envelopment Analysis Modelo for estimating efficiency and productivity in universities. *Journal of computer science*, vol. 6(11), pp. 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*, vol. 63, pp. 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*, vol. 1, pp. 9-28.

Nervéz 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*, vol. VI, N° 24, pp. 1071-1090.

Peñaloza 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*. Vol. 51 (1), pp. 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*, vol. 45, pp. 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*, año/vol. X, núm. 2. Pp. 137-142.

Anexo

A-1. Razones input/output, año 2008

Entidad federativa	FBCF/PBT	FBCF/PBT
Aguascalientes	0.019	0.001
Baja California Norte	0.019	0.002
Baja California Sur	0.045	0.003
Campeche	0.013	0.005
Chiapas	0.010	0.001
Chihuahua	0.036	0.003
Coahuila De Zaragoza	0.015	0.001
Colima	0.022	0.002
Distrito Federal	0.017	0.001
Durango	0.016	0.001
Guanajuato	0.016	0.001
Guerrero	0.017	0.008
Hidalgo	0.014	0.000
Jalisco	0.021	0.001
México	0.022	0.001
Michoacán de Ocampo	0.010	0.001
Morelos	0.023	0.001
Nayarit	0.016	0.002
Nuevo León	0.020	0.001
Oaxaca	0.011	0.000
Puebla	0.017	0.001
Querétaro de Arteaga	0.020	0.001
Quintana Roo	0.027	0.002
San Luis Potosí	0.024	0.001
Sinaloa	0.023	0.002
Sonora	0.022	0.001
Tabasco	0.003	0.000
Tamaulipas	0.012	0.001
Tlaxcala	0.015	0.001
Veracruz-Llave	0.022	0.000
Yucatán	0.020	0.003
Zacatecas	0.037	0.001

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

A-2. Estratos de eficiencia técnica, VRS

Estrato bajo		Estrato medio		Estrato alto	
Entidad	Vrste	Entidad	Vrste	Entidad	Vrste
Guerrero	0.197	Aguascalientes	0.517	Jalisco	0.786
Zacatecas	0.208	San Luis Potosí	0.575	Puebla	0.808
Quintana Roo	0.261	Nayarit	0.577	Oaxaca	0.855
Sinaloa	0.263	Sonora	0.596	Hidalgo	0.903
Yucatán	0.273	Michoacán de Ocampo	0.613	Guanajuato	0.937
Durango	0.335	Baja California Norte	0.614	Distrito Federal	0.967
Tlaxcala	0.341	Chiapas	0.62	Baja California Sur	1
Morelos	0.362	Querétaro de Arteaga	0.647	Campeche	1
Chihuahua	0.412			Coahuila De Zaragoza	1
				Colima	1
				México	1
				Nuevo León	1
				Tabasco	1
				Tamaulipas	1
				Veracruz-Llave	1

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.