

Análisis de eficiencia técnica en las entidades federativas de México 1988-2013

MONTERO, Héctor†* & BECERRIL, Osvaldo

Recibido 5 de Enero, 2016; Aceptado 11 de Marzo, 2016

Resumen

El principal interés en desarrollar este trabajo es estudiar la eficiencia técnica para identificar si existe potencial para incrementar la producción, sin necesidad de incrementar la cantidad de factores de la producción en las entidades federativas de México entre 1988 y 2013. Las variables empleadas son producción bruta total (Y), formación bruta de capital fijo (K) y personal ocupado total (L). Se aporta al estudio de las ciencias económicas el uso de la técnica splines cúbico para interpolar los datos obtenidos de los Censos Económicos de México. Con base en Battese y Coelli (1995) se estima una función de producción y analizando el residuo se obtiene el nivel de ineficiencia. Los resultados muestran que las entidades pueden incrementar su producción 37% en promedio sin modificar su nivel de inversión y empleo.

Eficiencia técnica, crecimiento económico, fronteras estocásticas, splines cúbico

Abstract

The main interest in developing this work is to study the technical efficiency to identify if there is potential to increase production without the need to increase the quantity of production factors in the federative entities of Mexico between 1988 and 2013. The variables used are gross production (Y), gross fixed capital formation (K) and total occupied personnel (L). The use of the cubic splines technique to interpolate the data obtained from the Economic Censuses of Mexico is contributed to the study of the economic sciences. Based on Battese and Coelli (1995), a production function is estimated and analyzing the residue yields the level of inefficiency. The results show that the entities can increase their production 37% on average without changing their level of investment and employment.

Technical efficiency, Economic growth, Stochastic frontier analysis, cubic splines

Citación: MONTERO Héctor & BECERRIL Osvaldo. Análisis de eficiencia técnica en las entidades federativas de México 1988-2013. Revista Transdisciplinaria de Estudios Migratorios 2016, 2-4: 33-47

* Correspondencia al Autor. Correo electrónico: (hmonteror078@alumno.uaemex.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El análisis de la eficiencia es aplicado con mucha frecuencia en la investigación económica, tanto en el ámbito de la función de producción a través de la eficiencia técnica o tomando como base la frontera de costos o la de beneficios para la eficiencia asignativa y económica, respectivamente. La eficiencia técnica se alcanza cuando las economías maximizan la producción con los insumos disponibles. Su cálculo permite disponer de información sobre el comportamiento de la economía durante el período analizado y comparar los resultados de las economías objeto de estudio. Si las economías no están aprovechando de manera adecuada sus recursos, pueden realizar ajustes económicos que les harán posible mejorar su eficiencia e incrementar su producción.

Autores como Becerril, Álvarez y Vergara (2007) han analizado la eficiencia técnica en las Entidades Federativas de México entre 1970 y 2003 donde ofrecen un mapeo de la evolución de la eficiencia al paso de los años; por otro lado, Delgado y Álvarez (2006) han estudiado el comportamiento de la eficiencia en los países de la Unión Europea; Aguilar (2011) analiza la eficiencia técnica en 91 municipios entre 2006 y 2008 identificando los sectores que mayor crecimiento presentan. Velázquez, Gutiérrez y Félix (2013) evaluaron la eficiencia en los grandes sectores para las Entidades Federativas de México, Brock y Ogloblin (2014) analizaron la eficiencia técnica en Estados Unidos con base en la técnica de Fronteras Estocásticas. El objetivo de este trabajo es realizar el cálculo del índice de eficiencia técnica basada en Battese y Coelli (1995) para las entidades federativas en México entre 1988 y 2014 para identificar la posición relativa actual de las entidades federativas de México y analizar la convergencia de las entidades para alinearse a un crecimiento económico sostenido.

Se parte de la hipótesis que las entidades federativas de México no están haciendo uso eficiente de sus factores productivos y por ello existe divergencia entre ellas, lo que se refleja en un pobre crecimiento económico.

Los resultados mostraron cómo evolucionó la eficiencia en desde el año 1989 y la existencia de convergencia entre los Estados. Este estudio permitió identificar las disparidades existentes entre las entidades federativas de México con base en la información recolectada de los censos económicos de 1989 a 2014.

La aportación de este trabajo se divide en dos: utilizar el método splines cúbico para interpolar los censos económicos en vez de utilizar promedios geométricos que usualmente se usa en las ciencias económicas y, generar información actualizada para aquellos que toman decisiones en materia de políticas económicas para México.

El contenido de este trabajo es el siguiente: En la sección uno se presenta la base teórica de la técnica de cálculo de eficiencias para después, en la segunda sección se presente el estado del arte de la eficiencia. La tercera sección explica la metodología y resultados obtenidos en la estimación de la eficiencia técnica.

La eficiencia técnica

El estudio de la eficiencia tiene su origen en el análisis de las funciones de producción donde el término de perturbación estocástica se puede dividir en el error común y la ineficiencia. Esta interpretación de la eficiencia surge con Farrell (1957), quien no estaba de acuerdo en la existencia de una eficiencia absoluta y propuso una alternativa más real mediante programación lineal.

Seleccionó un subconjunto de las observaciones que constituían el nivel óptimo de producción, formando una isocuanta, la cual representa las observaciones con las mejores prácticas tecnológicas, y todas las desviaciones con respecto a esta curva, se consideran ineficiencias.

Aigner, Lovell y Schmidt (1977) coinciden con Meeusen y Van del Broeck (1977) en que las perturbaciones del modelo de frontera se pueden descomponer en dos partes, de tal forma que la forma funcional sería:

$$Y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i = u_i + v_i \quad (1)$$

Con $i=1,2,3,\dots,n$. Donde el componente v_i representa las perturbaciones a las que no tiene control la unidad de observación, es decir, causas exógenas. Con una distribución normal de media cero y varianza σ_v^2 , es decir $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$.

El componente u_i es independiente de v_i y representa las perturbaciones a las cuales la unidad de observación tiene control, es decir, causas endógenas como la tecnología con $u_i \leq 0$. Con una distribución normal de media cero y varianza σ_u^2 , es decir $u_i \sim N(0, \sigma_u^2)$. Este término es el que corresponde a la ineficiencia. Este modelo es parecido al de Zellner, Kmenta y Dréze (1966) con funciones de frontera determinística cuando $\sigma_u^2 = 0$ y la función de frontera estocástica límite cuando $\sigma_u^2 = 0$. Donde $y = f(x_i; \beta) + v_i$ representa la frontera estocástica. La interpretación facilita la estimación e interpretación en la frontera. La desviación es resultado de los factores que si están en control por la unidad de observación como la ineficiencia técnica.

Battese y Coelli (1995) desarrollaron aplicaciones y programas de esta interpretación de frontera con ventajas como una mayor influencia de las empresas que tienen mejor eficiencia y por lo tanto puede reflejar la tecnología que utilizan, y, las fronteras de producción representan mejor el uso de tecnología contra la cual se debe medir la eficiencia de la empresa. Ambas razones justifican que éste es el método más empleado en años recientes y se le conoce como Análisis de Fronteras Estocásticas (SFA)

El modelo de Battese y Coelli (1995) considera una función de producción estocástica para un panel de datos:

$$Y_{it} = e^{(x_{it}\beta + v_{it} - u_{it})} \quad (2)$$

Con $i = 1, 2, \dots, N$, $t = 1, 2, \dots, T$.

Donde Y_{it} es la producción para todas las empresas y sus respectivas observaciones, x_{it} es un vector de tamaño $(1 \times k)$ con valores para una función conocida de insumos de las empresas observadas. β es un vector columna de $(k \times 1)$ de parámetros desconocidos para ser estimados. v_{it} son los errores aleatorios independientes e idénticamente distribuidos (iid) con una distribución $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ e independiente de u_{it} siendo u_{it} un conjunto de variables aleatorias no negativas asociadas a la ineficiencia técnica de la producción independientemente distribuidas tal que u_{it} se obtiene por una truncación en cero de una distribución $N(z_{it}\delta, \sigma^2)$.

La ecuación (2) define la frontera de producción estocástica en términos de los valores de producción originales, la ineficiencia técnica u_{it} está en función de variables explicativas z_{it} y un vector de coeficientes δ a estimar.

Es entonces que la ecuación de la ineficiencia técnica es:

$$u_{it} = z_{it}\delta + w_{it} \quad (3)$$

Donde w_{it} tiene una distribución normal truncada en $z_{it}\delta$ con media 0 y varianza σ^2 . Las ecuaciones (2) y (3) se estiman al mismo tiempo con el método de máxima verosimilitud, llegando a la siguiente forma de la eficiencia técnica (ET):

$$ET_{it} = \frac{E(Y_{it}^*/u_{it}, X_{it})}{E(Y_{it}^*/u_{it}=0, X_{it})} = e^{-u_{it}} \quad (4)$$

Donde Y_{it}^* es la producción que es la misma a Y_{it} cuando la variable independiente no ha sido transformada e igualada a $e^{Y_{it}}$ cuando está en término de logaritmos.

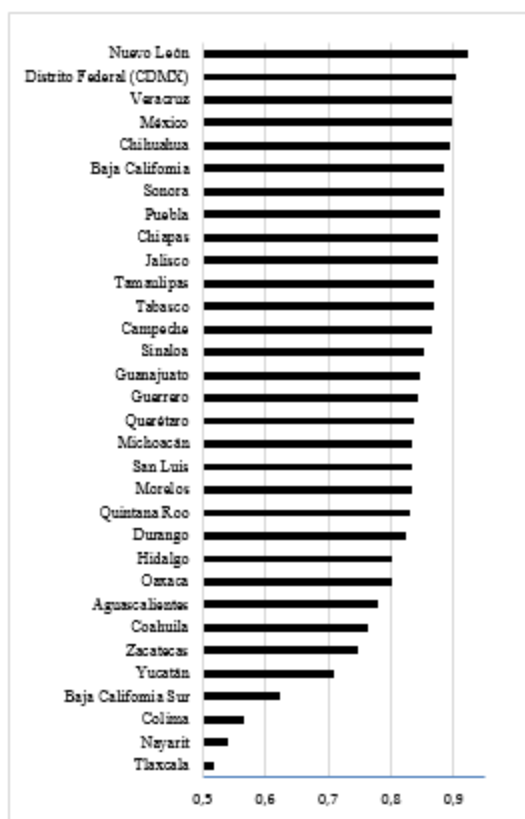


Gráfico 1 Eficiencia técnica para las entidades Federativas de México 2003

2003 aún se puede incrementar la producción 19% sin necesidad de incrementar el consumo de insumos. Las entidades con mayor índice en 2003 son Nuevo León, Ciudad de México y Estado de México.

Becerril, Álvarez y Del Moral (2010) también calcularon la eficiencia técnica para las entidades federativas de México entre 1980 y 2003. Consideraron el Producto Interno Bruto (PIB) variable regresora y, formación bruta de capital fijo y personal ocupado total como variables explicativas. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 2, donde en 1980 la mitad de las entidades federativas se encontraban con eficiencia inferior a 0.55 y para 2003 sólo Tlaxcala y Nayarit están por debajo de

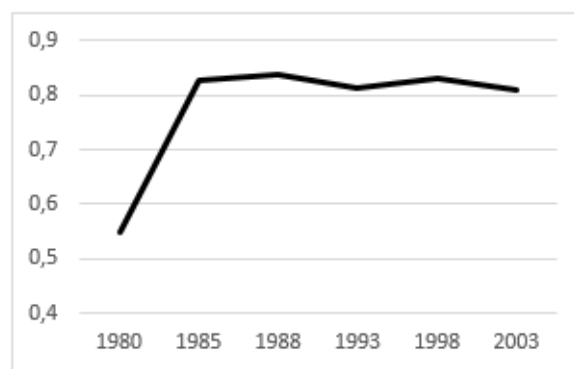


Gráfico 2 Eficiencia técnica promedio anual para México 1980-2003

0.55. En promedio, la eficiencia del país es de 0.8 lo que significa que existe la posibilidad de incrementar 20% la producción en promedio sin necesidad de incrementar alguno de los factores.

Gumbau (1998) con la técnica SFA analiza la ineficiencia en 17 regiones españolas entre 1986 y 1991, considerando el empleo privado y el capital privado en la Comunidad Autónoma Española.

Las regiones más eficientes son Madrid, el país Vasco y las Canarias; mientras en contra parte las regiones más ineficientes son la región de Castilla-León, Extremadura y Galicia. En promedio, las 17 regiones estudiadas presentan una ineficiencia promedio de 19%.

Delgado y Álvarez (2006) buscan explicar la existencia de posibilidades de incrementar el ritmo de crecimiento de los países en la Unión Europea, analizando la eficiencia técnica entre 1980 y 1997. El producto utiliza los datos de valor añadido bruto a precio de mercado y paridad de poder de compra en 1990, el empleo se mide en número de empleados y el capital se toma de la formación bruta de capital fijo privado representan los insumos. Los resultados que obtienen es un valor de eficiencia técnica promedio de 0.994 en 1997, siendo Bélgica, Países Bajos, Francia, Italia y Alemania las economías más eficientes. En este estudio se contrastan las técnicas Análisis de Fronteras Estocásticas (SFA) y el Análisis Envolvente de Datos (DEA): Sus resultados muestran que países como España, Portugal e Irlanda tienen una tendencia positiva en eficiencia mientras que Francia, Italia y Grecia tienen una tendencia negativa pero con una pendiente casi cero.

Brock y Oglobin (2014) realizaron una revisión de la eficiencia técnica en los Estados Unidos para todos los estados de la Unión Americana entre 1979 y 2000; también con base en el SFA para analizar la eficiencia de la productividad total de los factores. La variable dependiente fue PIB y las variables independientes se consideraron stock de capital promedio, empleo total y capital humano. Sus resultados muestran que para el año 2000, los estados de Montana, ambas Dakotas, Wyoming, New York, California y Texas son los que tienen mejor desempeño.

Con base en el análisis de fronteras de producción estocásticas, Aguilar (2011) realiza un análisis de eficiencia técnica de empresas industriales en 91 municipios de México entre 2006 y 2008. El modelo se desarrolló con base en la concentración industrial, los incentivos salariales y el nivel de escolaridad para medir el desempeño industrial. En este periodo se observó una tendencia de incremento en la eficiencia en general para la rama de minerales no metálicos, calzado, confección, textil y manufactura de muebles. Este es el trabajo más actualizado encontrado para el análisis de eficiencia técnica en México.

Contexto del ámbito de estudio

El contexto está dividido en dos partes, la primera muestra el nivel de eficiencia técnica previamente calculado en estudios previos y, la segunda, analiza las variables que se utilizaron para el cálculo de eficiencia técnica entre 1988 y 2013.

El cálculo de eficiencia técnica de Becerril et al (2007) donde se ve el cambio de eficiencia por entidad entre 1970 y 2003 se muestra en la gráfica 3. En este estudio, se agruparon las entidades federativas con base en su grado de eficiencia y se crearon tres segmentos. La mezcla es interesante desde la perspectiva de que estados como Campeche pasaron del estrato más bajo al más alto en tan sólo treinta años, otros cayeron un solo estrato y algunos más se conservaron en su estrato. Estos resultados se basan en situaciones macroeconómicas más que de índole local, es decir, asume que causas exógenas son las que mayor impacto tuvieron en el cambio de eficiencia. Su estudio concluye que las entidades podrían incrementar su producción 20% sin modificar los insumos.

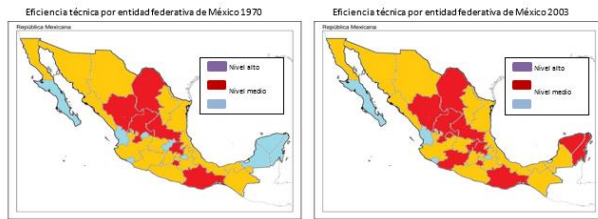


Gráfico 3 Eficiencia técnica en 1970 y en 2003. Fuente: Elaboración propia con base en Becerril, Álvarez y Vergara (2007)

Han pasado diez años desde este mapeo, por lo que vale la pena identificar el comportamiento de las variables de estudio así como algunos acontecimientos importantes en este periodo de tiempo. El Banco de México (2016), a través de sus boletines, muestra los indicadores económicos de México con periodicidad anual. En la tabla 1 se muestra la evolución de los indicadores económicos resaltando que en 2004 el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE) fue de 6%, en 2009 con el impacto de la crisis hipotecaria en los Estados Unidos fue de 0.49% y para 2012 los indicadores aún presentan cifras negativas en crecimiento.

En esta misma tabla 1, se observa que la actividad económica no mantiene una cierta estabilidad por más de dos periodos de tiempo. Se observan dos cambios bruscos en la economía, uno en 2004 otro en 2008. La crisis global de 2008 afectó negativamente la actividad industrial y dejando una tendencia de crecimiento del desempleo que hasta 2012 parece comienza a cambiar de sentido.

Para efectos de este trabajo, se consideró que el producto está representado por el Producto Interno Bruto (Y) en pesos de 2012, la inversión por la Formación Bruta de Capital Fijo en pesos de 2012 y el empleo a la Población Ocupada Total.

La fuente de información de donde se obtienen los datos son los Censos Económicos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI)(2016). Dado que los censos económicos son de elaboración quinquenal, se empleó el método splines cúbico para interpolar las cifras en los periodos intercensales con su respectiva deflactación con base en 2010.

Cuando se revisó el comportamiento de estas tres variables en las entidades a lo largo del periodo de estudio, se observó que los estados con mayor crecimiento promedio del empleo son Zacatecas (10.15%), Quintana Roo (4.58%), Baja California Sur (3.37%), Chiapas (2.99%) y Baja California (2.95). Analizando la producción promedio, se tiene que Zacatecas, Quintana Roo, Baja California y Baja California Sur son los estados con mayor crecimiento. Por el lado de la inversión, Baja California y Zacatecas son los estados que mayor inversión promedio han recibido estos años. Por lo tanto, por simple inspección se tiene que a mayor inversión, mayor crecimiento y generación de empleos, tal como Solow (1956) explicó en su modelo.

Indicador	IGAE (%)	Producción industrial (%)	Industria manufacturera (%)	Construcción (%)	Minería (%)	Desempleo abierto (%)
2004	6.00	-1.12	-0.63	-0.06	-7.27	3.04
2005	2.67	3.01	3.00	3.80	3.95	2.99
2006	5.00	4.60	4.20	6.80	3.00	3.47
2007	3.80	0.80	0.30	2.20	-2.30	3.40
2008	-2.65	-5.40	-6.20	-5.10	-4.20	4.32
2009	-1.47	-1.00	-0.10	-5.50	0.60	4.80
2010	5.83	5.30	6.60	5.70	1.10	4.94
2011	6.19	6.10	7.10	5.60	3.20	5.33
2012	1.42	-1.10	-0.90	-5.00	2.40	4.47

Tabla 1 Comparación de indicadores económicos 2004

Análogamente, las entidades de menor crecimiento de empleo son Tlaxcala (-14.05%), la Ciudad de México (1.31%), Durango (1.46%), Veracruz (1.49%) y San Luis Potosí (1.61%), por otro lado, los estados con menor tasa de crecimiento en la producción son Tlaxcala (-46.41%), México (0.61%), Morelos (0.79), Veracruz (0.95) e Hidalgo (1.03%); y en inversión, los que menor capital han recibido son Tlaxcala (-15.80%), Hidalgo (-0,52%), Tabasco (-0.51%), Colima (-0.31%) y Veracruz (-0.16%). Por lo tanto, Veracruz, Tlaxcala e Hidalgo son las entidades con menor desempeño general en los últimos 26 años, resultado que contrasta considerablemente con los resultados positivos de Baja California y Zacatecas.

En su conjunto, la producción de la mayoría de las entidades es similar, salvo los extremos que ya fueron analizados. La variación del crecimiento del empleo está distribuido de manera uniforme mientras que en la inversión, si hay diferencias claras entre los estados, lo anterior muestra heterogeneidad en las entidades. Retomando a Becerril, Álvarez y Del Moral (2010) quienes identificaron que donde hay mayor concentración de mano de obra especializada e industria especializada, hay mayor crecimiento, se puede retomar que las entidades actualmente tienen similar distribución de estos factores productivo y por ende puede ser posible que se de convergencia.

Estimación de la eficiencia técnica de las entidades federativas: resultados y análisis

Interpolación

Los censos económicos recolectados muestran información para los años 1988, 1993, 1998, 2003, 2008 y 2013 aunque su publicación es al año siguiente.

Para identificar que sucede en los años intercensales, se utiliza la técnica splines cúbica que proviene del uso de una lámina de plástico delgada llamada curvígrafo en el trazado de curvas suaves a través de un conjunto de puntos (Sheid 1991). Las funciones spline son ecuaciones cúbicas que modelan el comportamiento de las curvas realizadas por dicho instrumento, permitiendo unir en forma suave y continua una serie de puntos.

La interpolación consiste en estimar valores intermedios entre cada par de puntos o nodos que componen una serie de datos (Chapra y Raimond, 1988). La interpolación segmentaria en lugar de emplear un único polinomio de aproximación de alto grado para la totalidad de los datos, calcula un polinomio entre cada par de puntos, los cuales unidos forman un continuo (Atkinson y Arley, 1983).

El tipo más simple de interpolación segmentaria es la interpolación lineal segmentaria, que consiste en unir un conjunto de puntos con una serie de líneas rectas. La desventaja de aproximar usando funciones de este tipo es que en cada uno de los extremos de los intervalos no existe una unión continua. El problema anterior se soluciona al utilizar interpolación cúbica segmentaria spline, la cual asegura la continuidad de la curva en los extremos de los intervalos al utilizar polinomios cúbicos entre cada par de datos. Este tipo de polinomios posee cuatro constantes, lo cual le confiere suficiente flexibilidad como para asegurar la primera y segunda derivada continuas, logrando una unión suave entre los segmentos que forman la curva, y evitando las posibles oscilaciones que ocurrirían con polinomios de alto grado (Sheid 1991). Matemáticamente una función spline cúbica queda definida por la expresión 5 (Burden, Faires y Reynolds, 1991):

$$S_i(x) = \alpha_i + \beta_i(x-x_i) + [\gamma_i(x-x_i)^2 + \delta_i(x-x_i)^3] \quad (5)$$

Donde:

$S_i(x)$ = la función cúbica para un segmento, x_i = primer punto del segmento ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) x = punto de evaluación de la función $\alpha, \beta, \delta, \gamma$ = Coeficientes de la función.

$S_i(x)$ interpola cualquier punto x que se encuentre dentro del intervalo (x_i, x_{i+1}) , siendo necesario que S_i sea igual a S_{i+1} en el punto x_{i+1} para satisfacer la continuidad de la interpolación en los puntos de unión de las funciones (nodos).

Cada función forma una serie de puntos entre un par de nodos, y el conjunto de funciones queda definido en (A, B) donde $A = x_0 < x_1 < \dots < x_n = B$ como se muestra en la gráfica 4.

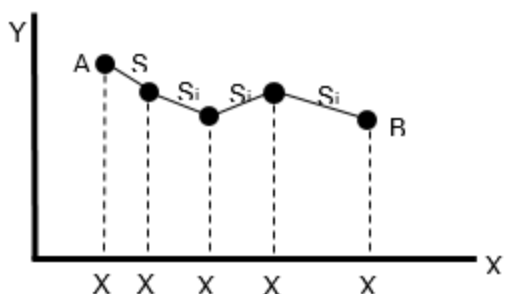


Gráfico 4 Representación gráfica del ajuste de una función spline. Fuente: Elaboración propia con base en Burden, Faires y Reynolds, 1991

El conjunto de funciones cúbicas *spline* para asegurar una continuidad debe cumplir con las siguientes condiciones (Burden, Faires y Reynolds, 1991). • S es un polinomio cúbico, denotado S_i en el subintervalo $[x_i, x_{i+1}]$ para cada $i = 0, 1, \dots, n-1$

$$S(x_i) = f(x_i) \quad \text{para cada } i = 0, 1, \dots, n;$$

S tiene la primera y segunda derivada iguales en todos los nodos interiores;

Se satisface una de las dos siguientes condiciones de frontera:

- i) $S''(x_0) = S''(x_n) = 0$ frontera libre
- ii) $S'(x_0) = f'(x_0)$ y
- iii) $S'(x_n) = f'(x_n)$ frontera sujeta.

Estimación de la eficiencia con Análisis de Fronteras Estocásticas

Siguiendo el modelo de Battese y Coelli (1995) desarrollado en el apartado 1 de este documento y el uso del programa Frontier 4.1, se realiza la estimación de la eficiencia técnica en las entidades federativas de México para los años 2004 a 2013.

La función de producción translogarítmica con forma:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \ln X_{jit} + \sum_{j=1}^2 \sum_{h=1}^2 \beta_{jh} (\ln X_{jit})(\ln X_{hit}) + V_{it} - U_{it} \quad (5)$$

Con $i = 1, 2, 3, \dots, 32$ entidades federativas; $t = 2004, 2005 \dots 2013$. Donde Y_{it} es la producción y X_{it} es un vector que hace referencia a los insumos (j, h equivale a empleo (L) y capital (K) respectivamente). V_{it} es el error aleatorio y U_{it} es el término de ineficiencia, que está definido:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + \sum_{i=1}^{31} \lambda_i D_i + W_{it} \quad (6)$$

Esta ecuación de ineficiencia contiene una variable temporal (T) y dummies individuales (D_i) con la intención de controlar las diferencias inobservadas en las diferentes entidades federativas pues estos componentes podrían tener influencia en la eficiencia y, el error aleatorio W_{it} .

Con base en la ecuación (7) Farrell (1957) estima la eficiencia técnica como el cociente del nivel de producción obtenido respecto al máximo alcanzable dadas las cantidades de los insumos, esto es cuando U_{it} es cero. Su valor estará en el intervalo 0 a 1, donde 1 es el valor más eficiente.

$$ET_{it} = e^{-U_{it}} = e^{-(\delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + \sum_{i=1}^{31} \lambda_i D_i + W_{it})} \quad (7)$$

Se realizaron análisis de contrastes de razón de verosimilitud (λ) para identificar la forma funcional más adecuada tras decidir cuáles hipótesis nulas serían aceptadas. Los resultados de estos contrastes se muestran en el anexo 1. En el primer contraste, que fue definir si se utiliza una forma tipo Cobb-Douglas o una translogarítmica, se obtiene que la última es la mejor. Después se contrasta la existencia de ineficiencia técnica en el término de la perturbación. Se propone que $\gamma = 0$, para confirmar la necesidad de considerar la ineficiencia técnica en la función de producción y que una función de producción representa adecuadamente los datos. Dado que se rechaza esta hipótesis, queda comprobado que si es necesario integrar la ineficiencia técnica en la función así como su validez para representar los datos. En este contraste con $\gamma = 0$ el estadístico λ sigue una distribución chi-cuadrada mixta y los valores se obtienen de Kodde y Palm (1986)

La función γ está en términos de las varianzas de las distribuciones V_{it} y U_{it} , de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + \sigma_V^2} \quad (7)$$

Entonces el valor del parámetro γ indica que la proporción de la varianza de la U_{it} sobre el error total, en este caso corresponde al 87.71% (ver anexo 1) es el error cometido utilizando las funciones de producción medias en las que se ignoran las diferencias por ineficiencias.

Los siguientes tres contrastes sirven para verificar que la ecuación de ineficiencia no se encuentra en función de los regresores definidos para este estudio. Dado que se rechazan, se confirma la significatividad de las variables que explican la ineficiencia técnica, esto incluye los efectos individuales. El estadístico λ se calcula como $\lambda = -2 \log[(f. \text{verosimilitud}(H_0) - \log(f. \text{verosimilitud}(H_1))]$ que tiene una distribución tipo chi-cuadrada con grados de libertad igual al número de parámetros que se igualan a cero en la hipótesis nula.

En la tabla 2 se muestran los coeficientes para la función de producción estimada. Se puede observar que el valor de γ es cercano a uno, con base en Battese y Coelli (1995), indica que la mayor parte de la variación residual es debido al efecto de la ineficiencia U_{it} , y que el error aleatorio (explicado) es V_{it} es casi cero. Es así como se establecen las hipótesis $H_0: \gamma=0$ comparada con $H_1: \gamma>0$ (Kodde y Palm, 1986) donde H_0 representa que la ineficiencia técnica no tiene efectos sobre la producción (Y), la cual se puede observar en la tabla 2 que es rechazada, por lo tanto, la ineficiencia técnica si afecta la producción (Y).

<i>Frontera Estocástica</i>			
<i>Variable</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Coficiente</i>	<i>T-Estadístico</i>
Constante (C)	β_0	-6.072	-5.394
Inversión (K)	β_L	1.001	3.047
Empleo (L)	β_L	1.38	3.516
(ln K)(ln L)	β_{KL}	-0.409	-11.426
(ln K) ²	β_K^2	0.148	8.471
(ln L) ²	β_L^2	0.229	8.252

<i>Modelo de ineficiencia con efectos fijos</i>			
<i>Variable</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Coficiente</i>	<i>T-Estadístico</i>
Constante	δ_0	-1.444	-3.600
Tendencia (T)	δ_0	-5.261	3.017
Parámetros de la varianza	σ_s^2	0.758	6.512
	γ	0.877	44.650

Tabla 2

Análisis

El análisis de los resultados se desarrolló desde dos perspectivas: todas las entidades en su conjunto y cada entidad por separado. Analizando todas las entidades en su conjunto, cuando se graficaron los promedios de las eficiencias, se observó que la eficiencia en 2013 (0.77) es superior a la cuantificada en 1988 (0.71). A lo largo de la serie se observan altibajos que afectan la eficiencia nacional. En la gráfica 5 se muestra la evolución de la eficiencia técnica de México.



Gráfico 5 Eficiencia promedio nacional 2013

Entre 1988 y 1992 la eficiencia técnica en México se mantiene casi sin cambio alrededor de 0.7 pero con un crecimiento marginal constante, sin embargo, en 1992, la crisis en el sistema europeo monetario en la Unión Europea tuvo efectos en México, haciendo que el poco capital que llegaba a México tuviera proyección en el corto plazo; esta repercusión se observa a finales de 1994 con la devaluación del peso mexicano frente al dólar americano, debido a un financiamiento de la economía mexicana con estos capitales a corto plazo. Al mismo tiempo, el sureste Asiático incrementa su capacidad productiva invadiendo los mercados con productos manufacturados allá, este fenómeno se le denominó “Milagro económico asiático”. Paul Krugman (1994) desacredita la idea de este “Milagro” con el argumento de que el crecimiento económico en Asia del sureste era el resultado histórico de la inversión de capital que detonó el crecimiento de la productividad aunque en realidad, la productividad total de los factores casi no se había incrementado; por lo tanto, este efecto de crecimiento asiático no era sostenible. En México, se venden las paraestatales de Banca y Telefonía, con lo cual se da certidumbre de que México está preparando un cambio hacia la apertura comercial.

En México, entre 1992 y 1994 se logró renegociar la deuda externa con una reducción de intereses hasta un 35% y se logra una reducción en la inflación alcanzando sólo el 18.8%. En 1993 se negocia el Tratado de Libre Comercio de América Latina entre Estados Unidos, México y Canadá, entrando en vigor el primero de enero de 1994, con lo que se busca salir de la recesión de 1993. Al mismo tiempo, aparece el Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN) lo cual genera temor entre los inversionistas nacionales y extranjeros debido a que antes de esta fecha, no se había registrado levantamiento armado en el país. Considerando la crisis generada por la devaluación en diciembre de 1994 y que repercute en 1995 donde el desempleo pasó de 3.2% a 7.6% y la deuda externa creció a 22,604 millones de dólares, la eficiencia técnica presenta una tendencia a la alza de manera sostenida pasando de 0.69 en 1992 a 0.72 en 1995.

En 1997, se genera la crisis financiera asiática también llamada del Fondo Monetario Internacional debido a la devaluación de las monedas de Tailandia, Malasia, Indonesia, Taiwan, Hong Kong y Corea del Sur, fenómeno que se convirtió en la primer crisis de la globalización; mientras tanto en México se da un giro político pues en el Congreso de la Unión, el Partido Revolucionario Institucional pierde la mayoría absoluta que había conservado por más de 60 años. En 1998 la crisis rusa impacta las importaciones mexicanas de materias primas como el acero y carbón. Con todo esto, la eficiencia técnica en México es favorecida alcanzando niveles de 0.8.

Después de 1999, la eficiencia en México retoma una tendencia normal, con crecimiento sostenido hasta 2002 con un índice de 0.79 promedio los tres años.

En este periodo de tiempo, en México se da la alternancia política en la presidencia de la República con el triunfo de Vicente Fox en el 2000, con lo que terminan 71 años ininterrumpidos que el Partido Revolucionario Institucional mantuvo la posición. En 2002 la crisis de Argentina y la de Uruguay aunado al crecimiento de la economía China quien se coloca como el segundo exportador a Estados Unidos, después de Canadá, hace que la eficiencia en México tenga una pequeña caída de la que se recupera rápidamente para mantenerse en el nivel de 0.80 promedio.

En 2003, se identifica un reducido flujo de inversión dentro de México durante los primeros meses del año y que dura en general varios meses, debido a una baja expectativa en el sector manufacturero detonado por el fenómeno de China en la economía mundial. Aun así, la eficiencia logra mantenerse en los niveles de 0.8 hasta que en 2007 se da a conocer una nueva crisis, ahora en los Estados Unidos. Desde 2006 los Estados Unidos presentan un problema financiero debido a la falta de pago de hipotecas, generando un problema de liquidez, terminando como una crisis financiera mundial. Entre 2007 y 2009, la eficiencia en México se ve afectada marginalmente por esta crisis financiera, aunque en el corto plazo, los efectos se ven marginales, hace que la tendencia de crecimiento de eficiencia cambie de dirección. Es a partir de 2007 que la eficiencia técnica en México comienza una etapa de contracción continua que lleva a alcanzar un indicador de 0.77 en 2013, nivel similar al de 1999.

Revisando los resultados de eficiencia para cada una de las entidades, después de correr el modelo, se tiene el comparativo entre 1988 y 2013.

Entidad	Eficiencia 1988	Eficiencia 2013	Crecimiento promedio (% 1988-2013)
Aguascalientes	0.927	0.917	5.633
Baja California	0.750	0.733	6.013
Baja California Sur	0.819	0.795	6.408
Campeche	0.917	0.455	5.915
Chiapas	0.729	0.503	6.163
Chihuahua	0.710	0.729	4.286
Ciudad de México	0.710	0.824	3.616
Coahuila	0.887	0.857	4.648
Colima	0.514	0.708	4.822
Durango	0.821	0.843	3.995
Guanajuato	0.854	0.840	5.768
Guerrero	0.349	0.485	5.652
Hidalgo	0.351	0.721	4.724
Jalisco	0.822	0.882	5.505
México	0.895	0.765	4.573
Michoacán	0.251	0.660	5.350
Morelos	0.844	0.824	5.453
Nayarit	0.799	0.716	4.426
Nuevo León	0.829	0.865	4.887
Oaxaca	0.641	0.782	6.002
Puebla	0.781	0.783	5.198
Querétaro	0.903	0.876	5.829
Quintana Roo	0.152	0.746	7.438
San Luis Potosí	0.826	0.849	4.144
Sinaloa	0.627	0.720	5.580
Sonora	0.833	0.856	5.398
Tabasco	0.377	0.722	5.378
Tamaulipas	0.707	0.864	4.721
Tlaxcala	0.906	0.854	-18.300
Veracruz	0.637	0.768	3.863
Yucatán	0.817	0.823	5.657
Zacatecas	0.878	0.610	19.259
Promedio Nacional	0.714	0.766	4.938

Tabla 3 Eficiencia por Entidad Federativa 1988-2013

Analizando por entidad federativa, las cinco entidades federativas con mayor índice de eficiencia en 2013 son Aguascalientes (0.917), Jalisco (0.882), Querétaro (0.876), Nuevo León (0.865) y Tamaulipas (0.864). De manera particular, Aguascalientes se ha mantenido con un índice de eficiencia superior a 0.9 casi todo el periodo de estudio; únicamente entre 1990 y 1994 está por debajo. Su industria aporta el 48% de su producción así como otro tanto igual lo dedica a los servicios.

Jalisco con mayor parte de su economía en los servicios sube de lugar pues en 1988 ocupaba el 13vo sitio y en 2013 está en 2do., lo que indica que se están aprovechando mejor los recursos disponibles. Querétaro está en tercera posición con 0.876 que es una reducción marginal con respecto a 1988 y aun así, logra ocupar los primeros sitios. Nuevo León y Tamaulipas presentan casi un empate pero en particular Nuevo León, con casi el 60% de su actividad económica en los servicios, ha tenido un incremento marginal desde 1988 que es muy diferente para Tamaulipas, pues en 1988 ocupaba la posición 24 con un índice de 0.707 y se ha incrementado a 0.864.

El crecimiento real de la economía de estas entidades, como se puede ver en la tabla 3, Aguascalientes con 5.633%, Jalisco con 5.505% y Querétaro con 5.829% han crecido por encima de la media nacional, aunque Nuevo León con 4.887% y Tamaulipas con 4.721% están ligeramente por debajo de la media.

En 2013 las entidades con peor desempeño de eficiencia técnica son Campeche (0.45), Guerrero (0.48), Chiapas (0.50), Zacatecas (0.61) y Michoacán (0.66). Comparativamente con 2004, Guerrero (0.46), Yucatán (0.72), Sinaloa (0.73), Chihuahua (0.74) y Baja California (0.74) son las de menor desempeño eficiente. Como se mencionó antes, Michoacán cambia de estar en las primeras posiciones en 2004 para que nueve años más tarde ocupe los últimos lugares. Guerrero mantiene un nivel muy bajo de eficiencia a lo largo de los nueve años, aunque parece ser que hay una incipiente tendencia positiva en su desempeño. Yucatán ha incrementado de manera uniforme su desempeño y de estar en las últimas posiciones en 2004, para 2013 se encuentra a la mitad de la lista. Chihuahua y Baja California se mantienen sin cambio en su nivel de eficiencia técnica a lo largo del tiempo.

La diferencia entre las cinco entidades más eficientes y las menos eficientes es de alrededor del 37%, siendo esta cifra lo que aún se puede incrementar la producción sin necesidad de modificar los insumos formación bruta de capital fijo y empleo. Esta diferencia en eficiencia es una brecha entre lo que están aprovechando unas entidades y lo que están desperdiciando otras. Campeche, Guerrero y Chiapas deberían implementar alguna política que ayude a aprovechar mejor las inversiones que llegan y a emplear adecuadamente su capital humano.

Por el lado de la convergencia, después de analizar la eficiencia en 1988 y en 2013, se observa gráficamente que en 1988 la brecha entre el estado más y el menos eficiente es 40% más grande que en 2013, por lo que las Entidades Federativas están convergiendo. Han pasado 25 años para lograr una convergencia del 40%. Esto representa que gradualmente se estabiliza la capacidad de crecimiento económico del país, a pesar de la adversidad en el crecimiento del mercado global.

Conclusiones

En esta investigación se ha estimado la eficiencia técnica en las entidades federativas entre 1988 y 2013 donde, la evidencia muestra que la evolución presentada ha sido casi una constante al paso del tiempo, aunque segmentado puede parecer tener una tendencia positiva, el indicador global muestra que la eficiencia en general de México es en promedio la misma. A pesar de esto, es posible identificar divergencias que permiten visualizar que hay espacio de casi 37% para incrementar la producción sin necesidad de incrementar los factores inversión y empleo (determinados por formación bruta de capital de trabajo para inversión y personal ocupado total para empleo).

En 1998 las entidades más eficientes fueron Aguascalientes, Campeche, Tlaxcala y Querétaro, mientras que para 2013 Aguascalientes, Nuevo León, Querétaro y Tamaulipas son los más eficientes.

Cabe aclarar que Aguascalientes es la única entidad que mantiene el liderazgo a lo largo de los 26 años del estudio a diferencia de las demás entidades que constantemente están cambiando. Sin embargo, la diferencia de eficiencia entre las entidades cada vez es menor, por lo que se puede concluir que existe una tendencia a converger, y esto trae beneficios para el desarrollo económico nacional.

Es importante resaltar que la variación en la eficiencia, desde el análisis de las variables de entrada, se debe a fenómenos políticos tanto internos como externos. Este trabajo aporta un análisis complementario a los diversos análisis de productividad que tratan de explicar el crecimiento económico estatal o nacional, con base en que la eficiencia es un factor que incide directamente en la productividad y pocas veces es medido.

La convergencia en eficiencia muestra que el crecimiento económico sostenido que ha presentado el país, a pesar de ser muy pequeño y por debajo de lo esperado, tiene una tendencia positiva, aunado a que las entidades tienen todavía 37% en promedio capacidad de incrementar su producción sin necesidad de consumir más insumos.

Referencias

Aguilar, G. (2011) Eficiencia industrial en las regiones de México. *Econoquantum*, Vol.7, núm. 2, pp. 93-113

- Aigner, D., Lovell, C., y Schmidt, P. (1977) Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, Vol. 6, No.1, pp. 21-37.
- Banco de México (2016) Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE) consultado en línea el 10 de octubre de 2016 desde www.bxico.org.mx
- Battese, G.E., y Coelli, T.J. (1995) A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*. Vol. 20, pp. 325-332.
- Becerril, O., Álvarez, I. y Vergara, R. (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. (2010) Efecto de las infraestructuras sobre la convergencia en la eficiencia técnica de las entidades federativas de México 1970-2003. Universidad Autónoma del Estado de México: tesis.
- Becerril, O., Álvarez, I. y Del Moral, A. (2010) Eficiencia técnica de las entidades federativas de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. X, núm. 33, pp. 485-511.
- Brock, G. y Ogloblin, C. (2014) Another look at technical efficiency in American States, 1979-2000. *The annals of regional science*, Vol.53 (2), pp. 577-590
- Burden, R., Faires, J. y Reynolds, A. (1991) *Análisis numérico*, Boston, Massachusetts, Prindle, Weber y Schmidt.
- Chapra, S. y Raimond, P. (1988) *Métodos numéricos para ingenieros*. 1ª edición, McGrawHill: México.
- Delgado, M. y Álvarez, I. (2006) Evaluación de la eficiencia técnica en los países de la Unión Europea. *Gestión y política pública*. Vol. 14, núm. 1, pp. 107-128.
- Farrell, M.J. (1957) The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Serie A*. Vol. 20, Núm. 3, pp. 253-290.
- Gumbau, M. (1998) Regional technical efficiency: a stochastic frontier approach. *Applied Economics Letters*, 5, pp. 723-726.
- INEGI (2016) Censos económicos consultado en línea el 10 de marzo de 2016 desde www.inegi.org.mx
- Kodde, D. y Palm, F. (1986) Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions. *Econometrica*, 54, 1243-1248.
- Krugman, P. (1994) The fall and rise of development economics consultado en línea el 10 de octubre de 2016 desde <http://web.mit.edu/krugman/www>
- Meeusen, W. and van den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error. *International Economic Review* 18, 435-444. 1977.
- Sheid, F. (1991) *Métodos numéricos*, 2da edición, McGrawHill: México.
- Solow, R. (1957) Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and statistics*. Vol. 39, No. 3 pp.312-320

Velázquez, M., Gutiérrez, L. y Félix, G. (2013) Eficiencia técnica en México: Un análisis regional y sectorial con envoltura de datos 2003-2008. Conferencia en Smart Regions for a Smarter Growth Strategy. Ciudad de Oviedo, España.

Zellner, A., Kmenta, J. y Dréze (1966) Specification and estimation of Cobb-Douglas production functions, *Econometrica* 34, pp. 784-795.