

# APLICACIÓN DEL *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* A LA DELIMITACIÓN DE LA FRONTERA TECNOLÓGICA EN MÉXICO (1970-2003)

---

*Inmaculada C. Álvarez Ayuso*<sup>\*\*</sup>  
Universidad Autónoma de Madrid

*Oswaldo U. Becerril Torres*<sup>§</sup>

*Laura Elena del Moral Barrera*<sup>§</sup>

*Reyna Vergara González*<sup>§</sup>

Universidad Autónoma del Estado de México

## Resumen

El objetivo de este trabajo es el de estimar los niveles de eficiencia técnica en la producción privada de las entidades federativas de México durante el período 1970-2003. Para ello, ha sido necesario delimitar las correspondientes fronteras de producción eficientes no paramétricas, siguiendo el Método de Envolvente de Datos (DEA). Los resultados obtenidos muestran una evolución favorable, caracterizada por la existencia de evidentes desigualdades regionales.

**Palabras Clave:** Método Envolvente de Datos, Distribución del Ingreso, Productividad.

**Clasificación J.E.L.:** C14, D24, O15, O47

---

\* Facultad C.C. Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid, Teléfono: 34 91 497 2858, correo electrónico: inmaculada.alvarez@uam.es

\* 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 2133074.

## I. INTRODUCCION

La disparidad regional así como la distribución de la riqueza suponen un grave problema en México. Así pues, uno de los grandes retos del Gobierno es el de reducir la desigualdad en el ingreso. En base a este objetivo, el presente trabajo pretende analizar los determinantes del producto interior bruto en las entidades federativas durante un período de tiempo suficientemente extenso (1970-2003).

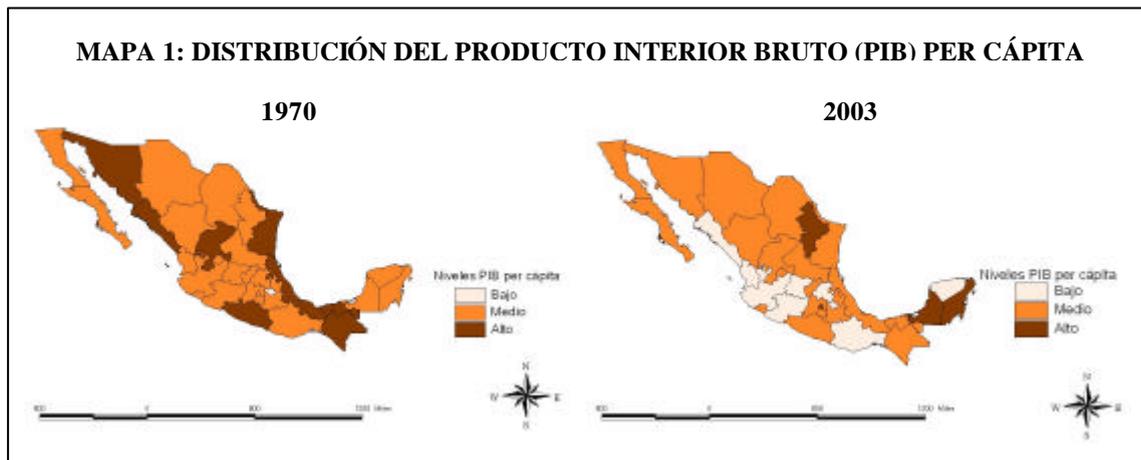
Generalmente, los trabajos que han analizado los determinantes de la producción privada han utilizado funciones de producción medias, en las que se asume que todas las unidades de producción son igualmente eficientes. El uso de funciones que omiten la influencia del nivel y evolución de la ineficiencia, dan lugar, en su presencia, a estimaciones sesgadas de la contribución de los factores productivos y de las posibilidades de producción de la economía, tal y como demuestra Greene (1993).

Surge así una línea de trabajo que se ha dedicado a plantear nuevos modelos basados en las técnicas de frontera, que permiten contrastar el uso ineficiente de los factores productivos y realizar estimaciones bajo estas condiciones. El considerable número de estudios empíricos en los que la estimación de funciones frontera pone de manifiesto la existencia de ineficiencias en el uso de los factores productivos privados, tanto en la economía española como en análisis por países (Gumbau y Maudos (1996), Beeson y Usted (1989)), ha dado paso a trabajos que tratan de concretar los determinantes que explican estos resultados. Entre los numerosos trabajos que se basan en técnicas no paramétricas destacan los elaborados 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 Reino Unido.

En México son prácticamente inexistentes los trabajos que incorporan el cálculo de la eficiencia técnica mediante técnicas no paramétricas al análisis de la producción, salvo contadas excepciones, como es el caso de Fuentes y Armenta (2006), que calculan un Índice de Malmquist y descomponen los factores que contribuyen a la mejora de la productividad conforme a la información de 133 empresas situadas en el municipio de San Mateo Atenco, perteneciente al Estado de México, Sigler (2004), que analiza la eficiencia en la producción de investigación económica en la Ciudad de México, y Nérvaez et. al. (2007), que aplican su análisis al ámbito de la sanidad. Por este motivo, en este trabajo, centrandó nuestro análisis en técnicas de fronteras no paramétricas basadas en el modelo Envolvente de Datos (DEA<sup>1</sup>), estimaremos el grado de eficiencia en el uso de los factores productivos de las entidades federativas durante el período 1970-2003. En la consecución de dicho objetivo, el estudio se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se analiza brevemente la situación económica en México y cómo han evolucionado las disparidades regionales a lo largo del período objetivo de estudio. A continuación, se desarrolla la metodología empleada. En el siguiente epígrafe se exponen las bases de datos utilizadas así como los resultados empíricos obtenidos. Por último, se resumen las principales conclusiones y se enumeran las referencias bibliográficas.

## II. SITUACIÓN ECONÓMICA EN MÉXICO

México es un país que posee una economía de libre mercado orientada a las exportaciones, y representa la segunda economía más fuerte de América Latina, tan sólo después de Brasil. Desde la crisis de 1994 las administraciones presidenciales han mejorado los cimientos macroeconómicos. La nación no fue influida por las crisis sudamericanas y ha mantenido tasas de crecimiento positivas, aunque bajas, después del estancamiento económico sufrido en 2001.



Fuente: Elaboración propia.

A pesar de su estabilidad macroeconómica que ha reducido la inflación y las tasas de interés a mínimos históricos y que ha incrementado el ingreso per cápita, existen grandes brechas entre ricos y pobres, los estados del norte y los del sur, y entre la población urbana y rural. Así pues, algunos de los retos del gobierno siguen siendo mejorar la infraestructura, modernizar el sistema tributario y las leyes laborales así como reducir la desigualdad del ingreso.

La disparidad regional y la distribución de la riqueza continúan siendo un problema grave en México. Tal como se observa en el mapa 1, los estados del norte, centrales y del sureste tienen niveles de renta superiores. Destacan, especialmente al finalizar el período, los estados de Nuevo León, Distrito Federal, Campeche y Quintana Roo, por su situación privilegiada. Por su parte, los estados menos desarrollados se encuentran en la costa del Pacífico Sur. Así mismo, a lo largo del período considerado las desigualdades, lejos de reducirse, se incrementan. Este panorama nos hace pensar en la necesidad de implementar programas de protección social y de invertir gasto público en aquellos estados más necesitados. Sin embargo, y a pesar de que los recursos públicos normalmente se distribuyen en base a criterios de “equidad”, esta práctica no resulta ser la más adecuada en todas las situaciones, dado que existe cierto grado de ineficiencia en el uso de los factores productivos por parte de las entidades federativas, y los niveles de renta per cápita, como veremos más adelante, no coinciden necesariamente con el buen uso que los estados dan a los factores productivos disponibles.

### III. EFICIENCIA TÉCNICA: ANÁLISIS DE ENVOLVENTE DE DATOS

El cálculo de la ineficiencia ha supuesto la principal motivación en el estudio de las fronteras. Existen dos enfoques en la construcción de fronteras: uno de ellos se basa en las técnicas de programación matemática, mientras que el otro utiliza las herramientas econométricas. La principal ventaja de la programación matemática o aproximación “Data Envelopment Analysis” (DEA) radica en que no necesita imponer una forma funcional explícita sobre los datos. Aunque, la frontera obtenida puede resultar deformada si estos se encuentran contaminados por ruido estadístico. Por su parte, la aproximación econométrica tiene en cuenta el ruido estadístico, pero impone una forma funcional quizás restrictiva, para la tecnología. En esta investigación nos centraremos en la aproximación no paramétrica. A continuación, plantearemos las técnicas de programación lineal, denominadas Data Envelopment Analysis (DEA).

Desde el punto de vista no-paramétrico implementaremos empíricamente las medidas de eficiencia desarrolladas por Farrell(1957) usando métodos de programación lineal, denominados Envolvente de Datos (DEA). Farrell propuso que la eficiencia de una unidad de decisión consiste en dos componentes: “eficiencia técnica”, que refleja la habilidad para obtener el máximo output para un conjunto dado de inputs, y la “eficiencia redistributiva”, que refleja la habilidad para usar los inputs en las proporciones óptimas, dados sus respectivos precios. Ambas medidas se combinan para obtener la “eficiencia económica”. En este análisis, centraremos nuestra atención en las medidas de eficiencia output-orientadas<sup>2</sup>, que responden a la pregunta acerca de cuanto podemos expandir el output sin alterar la cantidad de inputs necesaria.

El modelo DEA sobre el que efectuamos el cálculo de la eficiencia técnica y de escala es el desarrollado en Seiford y Thrall(1990)<sup>3</sup>. El propósito de estos modelos radica en construir una frontera de posibilidades de producción no-paramétrica, que envuelva los datos. Consideramos  $N$  unidades de decisión (DMU<sup>4</sup>). Cada DMU consume cantidades de  $M$  inputs para producir  $S$  outputs. Específicamente, la DMU <sub>$j$</sub>  consume  $X_{ji}$  del input  $i$  y produce  $Y_{jr}$  del output  $r$ . Suponemos que  $X_{ji} \geq 0$  y  $Y_{jr} \geq 0$ . Asimismo,  $X$  e  $Y$  son matrices  $M \times N$  y  $S \times N$ , que contienen la totalidad de inputs y outputs correspondientes a las  $N$  DMU's consideradas. 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  $S \times 1$  y  $M \times 1$ , respectivamente. De esta forma, calculamos los pesos óptimos  $u^*$  y  $v^*$ , asociados a los outputs e inputs. Sin embargo, este último problema proporciona infinitas soluciones, para lo cual incorporamos la restricción  $\mu^T y_0 = 1$ , que nos lleva a obtener  $\mu$  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:

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

Donde  $\phi$  es un escalar y  $\lambda$  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  $\lambda^*$  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  $\lambda^*$  óptimo. Entonces, para alcanzar eficiencia técnica 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 y Lovell(1978)). Sin embargo, las imperfecciones en el mercado, etc. pueden provocar que una DMU deje de operar a escala óptima. Por este motivo, Banker, Charnes y Cooper(1984) amplían el modelo suponiendo rendimientos variables a escala, lo que nos permite calcular eficiencias de escala. Para ello, debemos incorporar la restricción  $e^T \lambda = 1$  ( $e$  es un vector de unos  $N \times 1$ ) en el modelo (1), obteniendo:

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \phi \\
& \phi, \lambda \\
& \text{s.a. } X\lambda \leq x_0 \\
& \quad \phi y_0 - Y\lambda \leq 0 \\
& \quad \lambda \geq 0 \\
& \quad e^T \lambda = 1
\end{aligned} \tag{2}$$

Analíticamente, la restricción  $e^T \lambda = 1$  genera un requerimiento de convexidad que fuerza a la frontera eficiente de posibilidades de producción a constar de segmentos que unen los puntos extremos. De esta forma, conseguimos una medida de eficiencia técnica “pura” (sin eficiencias de escala). Sin embargo, las medidas de eficiencia de escala obtenidas mediante este procedimiento no indican cuando la DMU opera en un área de rendimientos crecientes o decrecientes. Planteamos un modelo alternativo, incorporando la restricción  $e^T \lambda \leq 1$  (rendimientos crecientes no permitidos) en el modelo (1):

$$\begin{aligned}
& \text{Max } \phi \\
& \phi, \lambda \\
& \text{s.a. } X\lambda \leq x_0 \\
& \quad \phi y_0 - Y\lambda \leq 0 \\
& \quad \lambda \geq 0 \\
& \quad e^T \lambda \leq 1
\end{aligned} \tag{3}$$

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), en el que se suponen rendimientos a escala variables, y (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).

#### IV. DATOS Y RESULTADOS EMPÍRICOS

El panel de datos considerado abarca el período 1970-2003 para las entidades federativas. El producto (Y) viene representado por el Producto Interior Bruto (PIB) en pesos de 1993, la inversión (K) mediante la Formación Bruta de Capital en pesos de 1993, y el empleo (L) hace referencia al personal ocupado. Las fuentes estadísticas de las que se han obtenido las bases de datos proceden de los Censos Económicos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)<sup>5</sup>.

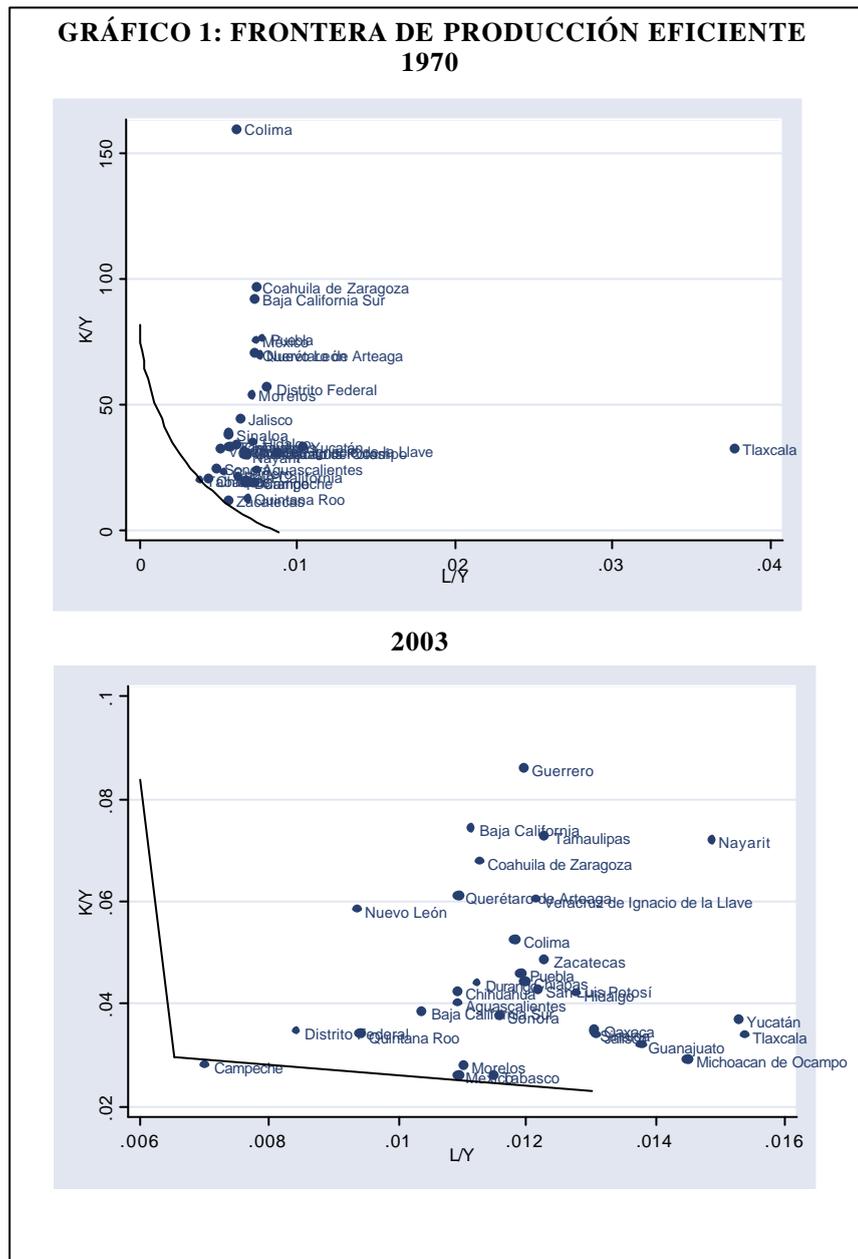
En la implementación de la metodología expuesta con anterioridad es necesario representar una frontera de producción eficiente, que envuelva los datos y que nos permita calcular el grado de eficiencia en el uso de las desviaciones respecto de la misma, siguiendo los índices de Farrell. El método DEA aproxima una frontera de producción eficiente no paramétrica, mediante la representación de un diagrama de puntos, cada uno de los cuales representan las diferentes combinaciones de factores por unidad de producto, ajustando a continuación una isocuanta eficiente al diagrama anterior, de manera que ésta sea convexa y de pendiente negativa.

A continuación, se procederá a analizar el desempeño de los factores productivos respecto de la producción obtenida en las distintas entidades federativas mediante la representación de fronteras de producción eficientes por medio del *Análisis de Envoltura de Datos* (DEA)<sup>6</sup>.

El análisis del Gráfico 1 muestra que técnicamente los estados de Tabasco y Zacatecas son los que presentan las mejores productividades al inicio del período, o lo que es lo mismo, los que requieren de menor cantidad de factores en la producción. Así pues, por ser las entidades federativas con las “mejores prácticas”, son las que determinan la frontera óptima (o frontera eficiente), respecto de la cual se calculan las eficiencias técnicas de las restantes entidades federativas, a partir de su distancia relativa. Sin embargo, al finalizar el período la situación se modifica sustancialmente, dado que son los estados de Campeche y México los que delimitan la frontera de producción eficiente.

Relativamente hablando, los estados de Tabasco y Zacatecas, al inicio del período, y Campeche y México, al finalizar el mismo, poseen una eficiencia del 100% así como cualquier punto sobre la frontera. Esta representación gráfica del DEA sólo proporciona eficiencias relativas a los datos considerados. El DEA no da y no puede dar eficiencias absolutas. Las eficiencias relativas del resto de las entidades federativas se calculan por medio de la línea recta que va del origen a la frontera eficiente pasando por

la entidad federativa a evaluar. Así pues, los resultados obtenidos se muestran en el Apéndice Estadístico 3<sup>7</sup>, y se pasaran a analizar en detalle, a continuación.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 2 se presenta la evolución de la eficiencia técnica durante el periodo objeto de estudio (1970-2003). Los resultados obtenidos muestran la irregular trayectoria que ha experimentado el agregado de la economía mexicana, que coincide con los ciclos económicos. Las reducciones mas intensas se dan en los años 1975 y 1985, mostrando una caída que pudo ser influida por los sismos registrados. A partir de dicho año el indicador de eficiencia muestra una trayectoria muy favorable. Finaliza el periodo con un nivel de eficiencia medio superior a 0.7, lo que indica que es posible aumentar la producción aproximadamente en un 30%, con los factores productivos utilizados y la tecnología disponible.

## GRÁFICO 2: EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA MEDIA EN MÉXICO (1970-2003)



Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos contenidos en el Apéndice Estadístico 3.

En el Cuadro 1 se presenta el ranking por entidades federativas, atendiendo a los niveles de eficiencia técnica obtenidos al inicio y final del período, así como la eficiencia media a lo largo del mismo. En orden descendente, Tabasco, Zacatecas, Chiapas, Quintana Roo y Sonora comienzan el período entre los cinco primeros estados del ranking, de los cuáles únicamente se mantiene al final del período Tabasco, cediendo el testigo a el Estado de México, Campeche, Morelos y Michoacán, que presentan una evolución muy favorable. Así pues, entre los estados que mejoran su posición relativa se encuentran Baja California Sur, Campeche, Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León y Tlaxcala, de los cuáles destacan Estado de México, Michoacán y Morelos, que consiguen ganar veinticinco, catorce y dieciocho posiciones en el ranking, respectivamente. Por el contrario, Zacatecas y Chiapas, que comienzan el período en una situación privilegiada en términos de eficiencia, finalizan el mismo situados entre los últimos puestos.

Por último, se observa que todas las entidades federativas presentan un crecimiento medio de la eficiencia positivo. Los estados de Chihuahua, Distrito Federal, Nuevo León y Quintana Roo presentan los valores más elevados, mientras que Chiapas, Tabasco y Zacatecas ven aumentar su eficiencia a una velocidad muy inferior. Curiosamente, estos dos últimos estados parten de los niveles de eficiencia más altos, dado que se encuentran situados sobre la frontera eficiente, mientras que en Chihuahua y Distrito Federal, que parten de una situación desfavorable, sucede lo contrario, ven aumentar su eficiencia rápidamente. Puesto que, en términos generales, aquellos estados que parten de los niveles más bajos de eficiencia experimentan mayores tasas de crecimiento, y viceversa, se da un cierto grado de acercamiento.

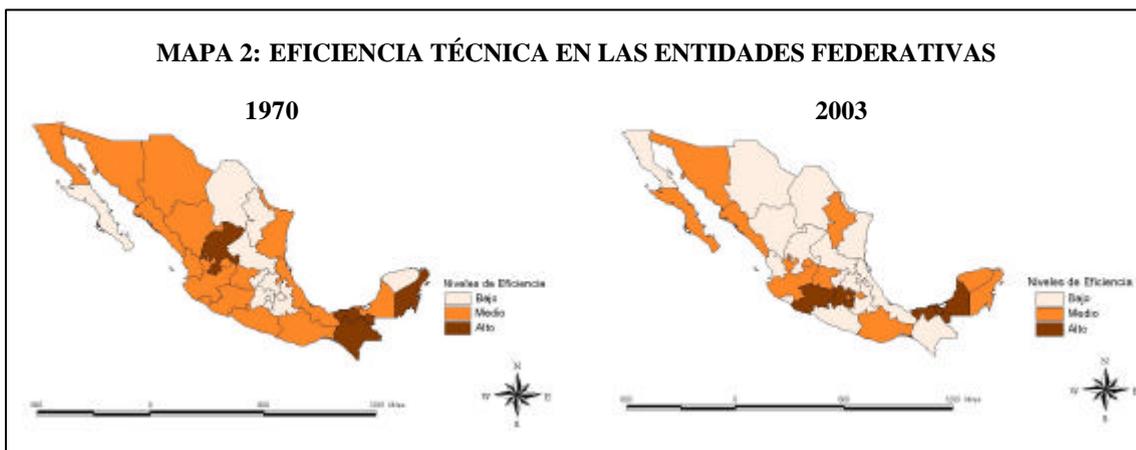
**CUADRO 1: RANKING DE EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS ENTIDADES  
FEDERATIVAS (1970-2003)**

<i>ENTIDADES FEDERATIVAS</i>	<i>1970</i>	<i>2003</i>	<i>Eficiencia media 1970-2003</i>	<i>Crecimiento medio (%) 1970-2003</i>
Aguascalientes	0.643(13)	0.689(17)	0.540(26)	28.108
Baja California	0.751(7)	0.629(23)	0.600(13)	20.648
Baja California Sur	0.522(25)	0.722(15)	0.569(22)	21.922
Campeche	0.718(10)	1.000(2)	0.882(1)	24.023
Coahuila de Zaragoza	0.516(27)	0.621(25)	0.538(27)	26.836
Colima	0.625(15)	0.593(27)	0.569(21)	17.529
Chiapas	0.936(3)	0.629(24)	0.793(3)	1.340
Chihuahua	0.628(14)	0.659(18)	0.566(23)	34.519
Distrito Federal	0.470(30)	0.832(6)	0.620(11)	36.700
Durango	0.746(9)	0.637(22)	0.575(20)	16.893
Guanajuato	0.608(18)	0.807(8)	0.593(17)	21.519
Guerrero	0.785(6)	0.585(28)	0.644(9)	12.236
Hidalgo	0.550(21)	0.649(19)	0.600(15)	21.942
Jalisco	0.603(20)	0.779(9)	0.578(19)	23.151
México	0.517(26)	1.000(1)	0.657(8)	21.155
Michoacan de Ocampo	0.608(19)	0.887(5)	0.600(14)	21.468
Morelos	0.537(22)	0.937(4)	0.639(10)	28.847
Nayarit	0.621(16)	0.471(32)	0.664(7)	14.936
Nuevo León	0.500(28)	0.748(13)	0.595(16)	33.776
Oaxaca	0.609(17)	0.758(12)	0.581(18)	14.159
Puebla	0.492(29)	0.611(26)	0.516(30)	21.110
Querétaro de Arteaga	0.526(24)	0.640(21)	0.551(25)	15.438
Quintana Roo	0.923(4)	0.815(7)	0.710(4)	33.479
San Luis Potosí	0.530(23)	0.648(20)	0.536(29)	25.584
Sinaloa	0.677(11)	0.764(11)	0.692(6)	25.165
Sonora	0.802(5)	0.724(14)	0.606(12)	11.530
Tabasco	1.000(1)	0.992(3)	0.833(2)	5.912
Tamaulipas	0.666(12)	0.570(31)	0.538(28)	18.662
Tlaxcala	0.353(32)	0.765(10)	0.489(31)	19.364
Veracruz de Ignacio de la Llave	0.747(8)	0.577(29)	0.557(24)	7.250
Yucatán	0.463(31)	0.705(16)	0.466(32)	24.469
Zacatecas	1.000(2)	0.577(30)	0.695(5)	0.585
Media	0.646	0.719	0.612	

El número entre paréntesis indica la posición en el ranking en orden descendente.

Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos contenidos en el Apéndice Estadístico 3.

Desde el punto de vista geográfico, el Mapa 2 nos indica que, al inicio del período, los estados que presentan los mayores niveles que eficiencia (Zacatecas, Tabasco, Chiapas, y Quintana Roo) se sitúan, mayoritariamente, en el sureste del país, mientras que al finalizar el periodo, junto con Tabasco y Campeche, destacan los estados situados en la zona centro, como es el caso del Estado de México, Morelos y Michoacán.



Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos contenidos en el Cuadro 1.

Llegados a este punto, no podemos afirmar con rotundidad que aquellos estados que mejor usan sus recursos sean los de mayor renta, aunque en determinados casos sí ayuda. Este es el caso de Distrito Federal, Nuevo León y Quintana Roo, que finalizan el periodo con los mayores niveles de renta per cápita, tal y como observábamos en el Mapa 1, y donde las tasas de crecimiento de la eficiencia en el uso de los factores productivos son las más elevadas. En sentido contrario, Chiapas, Tabasco y Zacatecas, donde ya apuntábamos que la eficiencia crece en menor medida, reducen sustancialmente sus niveles de renta per cápita. Por tanto, el principal objetivo de las políticas públicas debe centrarse en la reducción de las desigualdades en renta y en erradicar la pobreza extrema, sin perder de vista la eficiencia<sup>8</sup> en el uso de los factores productivos.

## V. CONCLUSIONES

A lo largo del período analizado las desigualdades regionales en términos de renta per cápita, lejos de reducirse, se incrementan. Esta situación nos hace pensar en la necesidad de inversión por parte del Gobierno en aquellos estados más necesitados. Sin embargo, también se plantea la duda acerca de si esta práctica resulta ser la más adecuada a la hora de reducir las disparidades en el ingreso, ya que existe cierto grado de ineficiencia en el uso de los factores productivos por parte de las entidades federativas.

Tras delimitar las correspondientes fronteras de producción eficientes no paramétricas, siguiendo el método DEA, hemos obtenido los distintos niveles de eficiencia técnica en la totalidad de entidades federativas para los años en que los censos económicos se encuentran disponibles (1970, 1975, 1980, 1985, 1993, 1998 y 2003). Los resultados muestran la irregular trayectoria que ha experimentado el agregado de la economía mexicana, que coincide con los ciclos económicos.

En el análisis por entidades federativas observamos que, al inicio del período, los estados que presentan los mayores niveles de eficiencia se sitúan, mayoritariamente, en el sureste del país, mientras que al finalizar el período destacan los estados situados en la zona centro. Esta situación nos impide afirmar con rotundidad que aquellos estados que mejor usan sus recursos sean los de mayor renta, aunque en determinados casos esta circunstancia sí ayuda. Por tanto, podemos concluir que las políticas públicas deben centrarse en la reducción de las desigualdades regionales en términos de ingresos, teniendo en cuenta la eficiencia en el uso de los factores productivos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, I. y Delgado, M.J., "Capital público y eficiencia productiva: evidencia para la UE-15". *Revista Hacienda Pública Española*, 168-(1/2004), pp. 27-46.
- Banker, R.D., Charnes, A. y Cooper, W.W., "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (1984), pp 1078-1092.
- Banker, R.D., "Hypothesis Tests Using Data Envelopment Analysis". *The Journal of Productivity Analysis*, 7 (1996), 139-159.
- Beeson, P.E. and Husted, S., "Patterns and determinants of productive efficiency in state manufacturing". *Journal of Regional Science*, 29 (1989), N° 1, pp. 15-28.
- Boisso, D., Grosskopf, S. and Hayes, K., "Productivity and Efficiency in the US: effects of business cycles and public capital". *Regional Science and Urban Economics*, 30 (2000), 663-681.
- Coelli, T.J., *A Guide to DEAP Versión 2.1.: A Data Envelopment Análisis (Computer) Program*. Mimeo, Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England, Armidale, 1996.
- Coelli, T.J., *A Multi-stage Methodology for the Solution of Orientated DEA Models*. Mimeo, Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England, Armidale, 1998.
- Domazlicky, B.R. and Weber, W.L., "Total Factor Productivity in the contiguous United States, 1977-1986". *Journal of Regional Science*, Vol. 37, N° 2 (1997), pp. 213-233.
- Fare, R. y Lovell, C.A.K., "Measuring the Technical Efficiency of Production". *Journal of Economic Theory*, 19 (1978), pp 150-162.
- Fare, R., Grosskopf, S. y Lovell, C.A.K., *Production Frontiers*. Cambridge University Press, 1994.
- Fare R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z., "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries". *American Economic Review*, 84 (1994), pp 66-83.
- Farrell, M.J., "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, Part 3 (1957), pp 253-290.
- Fuentes, H.J. y Armenta, L., "Las políticas públicas y la productividad: del diagnóstico a la solución efectiva. El caso de San Mateo Atenco". *Análisis Económico*, Segundo Cuatrimestre, año/Vol. XXI, N° 047 (2006), pp. 281-306. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Distrito Federal, México.
- Greene, W., "The econometric approach to efficiency analysis", en *The measurement of productive efficiency techniques and applications*, Freid H.O., Lovell, C. y Schmidt, S. (eds.), Oxford University Press, 1993.
- Gumbau, A. M. and Maudos, J., "Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación frontera". *Revista Española de Economía*. Vol. 13 , N°2 (1996), pp. 239-260.
- Gumbau, A. M. and Maudos, J., "The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry", *Applied Economics*, 34 (2002), 1941-1948.
- Hernandez Arce, J., *Enfoques alternativos para la estimación de eficiencias en la industria bancaria mexicana*. Edición electrónica, 2007. Texto completo en: [www.eumed.net/libros/2007a/241/](http://www.eumed.net/libros/2007a/241/)
- Lynde C. and Richmond, J., "Productivity and efficiency in the UK: a time series application of DEA". *Economic Modelling*, 16 (1999), pp. 105-122.

- Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L., “Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad”. *Revista Española de Economía*, Vol. 15, n°2 (1998), pp. 235-264.
- Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L., “Total factor productivity measurement and human capital in OECD countries”. *Economic Letters*, 63 (1999), pp. 39-44.
- Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L., Efficiency and productive specialization: An application to the Spanish regions, *Regional Studies*, 34(9) (2000), pp. 829-842
- Nevárez, A., Constantino, P. y García, F., “Comparación de la eficiencia técnica de los sistemas de salud en países pertenecientes a la OMS”. *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. VI, N° 24 (2007), 1071-1090.
- Salinas, M.M., Pedraja, F. y Salinas, J., *Efectos del capital público y del capital humano sobre la Productividad Total de los Factores en las regiones españolas*. Comunicación presentada en el II Encuentro de Economía Pública, Cáceres, España, 2001.
- Seiford, L.M. y Thrall, R.M., “Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis”. *Journal of Econometrics*, Vol. 45 (1990), pp 7-38.
- Schuschny, A., *El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe*. Serie de Estudios Estadísticos y Prospectivos, N° 46, Series CEPAL, 2007.
- Sigler, L.A., *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), 2004.

## Notas

- (1) DEA proviene del inglés Data Envelopment Analysis.
- (2)Equivalentemente, las medidas de eficiencia input-orientadas mantienen el nivel de output constante, permitiéndonos calcular en que medida es posible reducir la cantidad de inputs.
- (3)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 y Lovell(1994).
- (4)DMU hace referencia a “decision making unit”, que es un término más amplio que el de firma.
- (5)En el Apéndice Estadístico 1 se exponen los estadísticos descriptivos correspondientes a las bases de datos empleadas en el presente trabajo así como sus tasas de crecimiento.
- (6)En el Apéndice Estadístico 2 se muestran los gráficos correspondientes a las fronteras de producción eficientes en la totalidad de años disponibles durante el período objeto de análisis.
- (7)Aunque en el Apéndice Estadístico 3 se presentan los resultados tanto con rendimientos constantes como suponiendo rendimientos variables de escala, analizamos la eficiencia técnica obtenida suponiendo rendimientos constantes.
- (8)Álvarez y Delgado (2004) sugieren la conveniencia de tener en cuenta la eficiencia en el uso de los recursos dotados por el sector público.

## APENDICE ESTADÍSTICO

### APÉNDICE ESTADÍSTICO 1: BASES DE DATOS CRECIMIENTO MEDIO (1970-2003)(%)

<i>ENTIDADES FEDERATIVAS</i>	<i>PRODUCCION</i>	<i>INVERSION</i>	<i>EMPLEO</i>
Aguascalientes	32.364	-18.297	42.968
Baja California	21.743	16.938	34.719
Baja California Sur	25.972	-31.579	35.079
Campeche	121.290	2198.231	38.961
Coahuila de Zaragoza	20.356	-4.034	28.696
Colima	21.835	-16.621	38.199
Chiapas	24.256	225.992	47.935
Chihuahua	21.735	-21.578	33.097
Distrito Federal	14.895	-26.164	16.065
Durango	16.810	-18.137	27.785
Guanajuato	18.385	11.055	33.518
Guerrero	17.621	58.663	36.734
Hidalgo	17.726	-11.490	45.872
Jalisco	15.409	-43.072	29.255
México	20.314	-42.266	27.378
Michoacan de Ocampo	14.915	-43.428	30.087
Morelos	22.292	-32.472	39.823
Nayarit	10.416	-7.371	26.430
Nuevo León	21.135	-17.024	44.258
Oaxaca	19.956	109.849	37.236
Puebla	20.552	0.257	30.396
Querétaro de Arteaga	31.993	-11.061	39.642
Quintana Roo	63.710	194.741	78.701
San Luis Potosí	19.038	-14.620	26.463
Sinaloa	13.516	-30.391	29.015
Sonora	13.870	-26.393	30.789
Tabasco	38.284	1632.261	50.051
Tamaulipas	17.993	19.064	33.266
Tlaxcala	24.900	-15.302	21.250
Veracruz de Ignacio de la Llave	10.435	53.564	26.598
Yucatán	21.578	83.224	29.918
Zacatecas	12.625	-11.377	29.357
Media	24.623	130.036	34.986

### ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

<i>VARIABLES</i>	<i>MEDIA</i>	<i>DESVIACIÓN TÍPICA</i>	<i>COEFICIENTE VARIACION</i>	<i>MINIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
Producción	31153744.408	12545833.683	3.037	24202.128	337756746.515
Inversión	409126434.918	941586152.511	5.915	5906.633	11212035957.447
Empleo	273382.027	139709.404	5.479	6210.000	2842874.000





**APÉNDICE ESTADÍSTICO 3: EFICIENCIA TÉCNICA EN LAS ENTIDADES FEDERATIVAS (1970-2003). MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL (MODELO ENVOLVENTE DE DATOS, DEA)**

**Rendimientos Constantes de Escala**

<b>Entidades Federativas</b>	<b>1970</b>	<b>1975</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1988</b>	<b>1993</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>
aguascalientes	0.643	0.360	0.688	0.497	0.181	0.586	0.674	0.689
Baja California	0.751	0.398	0.716	0.706	0.237	0.680	0.684	0.629
Baja California Sur	0.522	0.389	0.691	0.680	0.250	0.630	0.665	0.722
Bampeche	0.718	1.000	0.339	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Bahua de Zaragoza	0.516	0.330	0.590	0.518	0.235	0.785	0.708	0.621
Bahua	0.625	0.439	0.475	0.820	0.252	0.590	0.759	0.593
Bahua	0.936	1.000	1.000	0.827	0.397	0.667	0.886	0.629
Bahua	0.628	0.376	0.757	0.568	0.182	0.687	0.670	0.659
Distrito Federal	0.470	0.402	0.747	0.525	0.228	0.852	0.905	0.832
Durango	0.746	0.373	0.855	0.465	0.262	0.545	0.715	0.637
Guanajuato	0.608	0.661	0.711	0.600	0.221	0.603	0.529	0.807
Guerrero	0.785	0.433	0.845	0.532	0.327	0.647	1.000	0.585
Hidalgo	0.550	0.326	0.793	1.000	0.323	0.587	0.571	0.649
Jalisco	0.603	0.363	0.802	0.522	0.263	0.643	0.649	0.779
México	0.517	0.338	0.796	0.755	0.444	0.615	0.790	1.000
Michoacán de Ocampo	0.608	0.530	0.936	0.365	0.253	0.580	0.640	0.887
Morelos	0.537	0.381	0.817	0.731	0.268	0.687	0.752	0.937
Nayarit	0.621	0.609	1.000	1.000	0.262	0.505	0.847	0.471
Nuevo León	0.500	0.331	0.547	0.870	0.234	0.745	0.785	0.748
Oaxaca	0.609	0.506	0.546	0.668	0.301	0.675	0.582	0.758
Puebla	0.492	0.330	0.620	0.650	0.229	0.553	0.642	0.611
Querétaro de Arteaga	0.526	0.322	0.488	0.643	0.310	0.663	0.815	0.640
Quintana Roo	0.923	0.487	0.914	0.287	0.255	1.000	1.000	0.815
San Luis Potosí	0.530	0.294	0.682	0.572	0.236	0.611	0.714	0.648
Sinaloa	0.677	0.510	0.969	0.753	0.278	0.850	0.734	0.764
Sonora	0.802	0.484	0.762	0.484	0.270	0.606	0.712	0.724
Tlaxasco	1.000	1.000	1.000	1.000	0.435	0.583	0.654	0.992
Tlaxcala	0.666	0.431	0.616	0.607	0.202	0.597	0.611	0.570
Tlaxcala	0.353	0.354	0.581	0.640	0.325	0.453	0.441	0.765
Veracruz de Ignacio de la Llave	0.747	0.473	0.611	0.474	0.272	0.625	0.676	0.577
Yucatán	0.463	0.414	0.392	0.521	0.180	0.510	0.541	0.705
Zacatecas	1.000	0.721	0.991	0.506	0.367	0.676	0.723	0.577
IEDIA	0.646	0.480	0.727	0.650	0.296	0.657	0.721	0.719
ESV.TÍPICA	0.160	0.197	0.181	0.187	0.144	0.126	0.135	0.136
ANGO	0.647	0.706	0.661	0.713	0.820	0.547	0.559	0.529

## endimientos Variables de Escala

Entidades Federativas	1970	1975	1980	1985	1988	1993	1998	2003
guascalientes	0.649	0.362	0.691	0.572	0.267	0.608	0.690	0.716
aja California	1.000	0.711	0.780	0.931	0.552	0.964	0.932	0.727
aja California Sur	0.586	0.788	1.000	1.000	1.000	1.000	0.803	1.000
ampeche	0.737	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
oahuila de Zaragoza	0.669	0.647	0.709	0.647	0.580	0.976	0.796	0.718
olima	0.708	0.523	0.708	1.000	0.315	1.000	1.000	0.856
hiapas	1.000	1.000	1.000	0.856	0.601	0.932	0.953	0.683
hihuahua	0.825	0.737	0.854	0.790	0.494	0.876	0.971	0.771
Distrito Federal	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
urango	0.887	0.544	0.866	0.485	0.431	0.589	0.782	0.684
uanajuato	0.875	1.000	0.811	0.795	0.572	0.892	0.636	0.808
uerrero	0.900	0.677	0.866	0.571	0.586	0.708	1.000	0.652
idalgo	0.635	0.509	0.809	1.000	0.553	0.657	0.632	0.660
ilisco	0.914	0.873	1.000	0.680	0.771	0.781	0.864	0.801
léxico	0.875	0.921	1.000	1.000	1.000	0.841	1.000	1.000
ichoacan de Ocampo	0.804	0.847	1.000	0.418	0.574	0.671	0.816	0.890
orelos	0.612	0.511	0.829	0.786	0.435	0.734	0.775	0.946
ayarit	0.642	0.609	1.000	1.000	0.304	0.511	1.000	0.506
uevo León	0.757	0.785	0.737	1.000	0.692	0.901	0.895	0.883
axaca	0.696	0.658	0.552	0.732	0.536	0.921	0.635	0.762
uebla	0.648	0.664	0.713	0.901	0.576	0.730	0.747	0.709
uerétaro de Arteaga	0.564	0.433	0.491	0.730	0.436	0.711	0.849	0.707
uintana Roo	1.000	1.000	1.000	0.289	0.301	1.000	1.000	0.847
an Luis Potosí	0.676	0.491	0.697	0.684	0.488	0.670	0.795	0.692
inaloa	0.846	0.852	1.000	0.925	0.582	1.000	0.869	0.766
onora	1.000	0.848	0.820	0.552	0.619	0.767	0.834	0.775
abasco	1.000	1.000	1.000	1.000	0.664	0.631	0.677	1.000
amaulipas	0.858	0.799	0.707	0.759	0.509	0.937	0.792	0.661
laxcala	0.374	0.357	0.621	0.658	1.000	0.505	0.456	1.000
eracruz de Ignacio de la Llave	1.000	1.000	0.875	0.716	0.765	0.717	0.798	0.675
ucatán	0.578	0.568	0.398	0.624	0.342	0.564	0.633	0.711
acatecas	1.000	0.722	0.993	0.509	0.431	0.701	0.764	0.581
IEDIA	0.791	0.732	0.829	0.769	0.593	0.797	0.825	0.787
ESV.TÍPICA	0.169	0.203	0.168	0.201	0.217	0.161	0.141	0.136
ANGO	0.626	0.643	0.602	0.711	0.733	0.495	0.544	0.494

## ficiencias de Escala

Entidades Federativas	1970	1975	1980	1985	1988	1993	1998	2003
guascalientes	0.991 irs	0.993 irs	0.995 drs	0.869 drs	0.675 drs	0.963 drs	0.978 drs	0.963 drs
aja California	0.751 drs	0.559 drs	0.918 drs	0.758 drs	0.428 drs	0.705 drs	0.734 drs	0.865 drs
aja California Sur	0.890 irs	0.493 irs	0.691 irs	0.680 irs	0.250 irs	0.630 irs	0.828 irs	0.722 irs
ampeche	0.973 irs	-	0.339 irs	-	-	-	-	-
oahuila de Zaragoza	0.770 drs	0.509 drs	0.832 drs	0.802 drs	0.405 drs	0.804 drs	0.889 drs	0.865 drs
olima	0.882 irs	0.840 irs	0.672 irs	0.820 irs	0.801 irs	0.590 irs	0.759 irs	0.693 irs
hiapas	0.936 drs	-	-	0.966 drs	0.661 drs	0.715 drs	0.930 drs	0.920 drs
hihuahua	0.761 drs	0.511 drs	0.887 drs	0.718 drs	0.369 drs	0.784 drs	0.690 drs	0.855 drs
Distrito Federal	0.470 drs	0.402 drs	0.747 drs	0.525 drs	0.228 drs	0.852 drs	0.905 drs	0.832 drs
urango	0.841 drs	0.685 drs	0.987 drs	0.958 drs	0.607 drs	0.924 drs	0.914 drs	0.932 drs
uanajuato	0.694 drs	0.661 drs	0.877 drs	0.756 drs	0.386 drs	0.676 drs	0.832 drs	0.999 irs
uerrero	0.873 drs	0.640 drs	0.975 drs	0.931 drs	0.557 drs	0.913 drs	-	0.898 drs
idalgo	0.866 drs	0.640 drs	0.981 drs	-	0.583 drs	0.893 drs	0.904 drs	0.982 drs
ilisco	0.660 drs	0.416 drs	0.802 drs	0.767 drs	0.341 drs	0.823 drs	0.751 drs	0.973 drs
léxico	0.591 drs	0.367 drs	0.796 drs	0.755 drs	0.444 drs	0.732 drs	0.790 drs	-
ichoacan de Ocampo	0.756 drs	0.625 drs	0.936 drs	0.872 drs	0.441 drs	0.865 drs	0.784 drs	0.996 irs
orelos	0.876 drs	0.745 drs	0.986 drs	0.930 irs	0.616 drs	0.936 drs	0.971 drs	0.990 irs
ayarit	0.966 drs	-	-	-	0.860 drs	0.988 drs	0.847 irs	0.932 irs
uevo León	0.661 drs	0.421 drs	0.742 drs	0.870 drs	0.338 drs	0.826 drs	0.878 drs	0.847 drs
axaca	0.874 drs	0.768 drs	0.989 irs	0.913 drs	0.561 drs	0.732 drs	0.916 drs	0.996 irs
uebla	0.760 drs	0.497 drs	0.870 drs	0.722 drs	0.397 drs	0.757 drs	0.859 drs	0.861 drs
uerétaro de Arteaga	0.932 drs	0.742 drs	0.995 drs	0.881 drs	0.711 drs	0.933 drs	0.960 drs	0.906 drs
uintana Roo	0.923 irs	0.487 irs	0.914 irs	0.993 drs	0.846 drs	-	-	0.962 drs
an Luis Potosí	0.784 drs	0.598 drs	0.979 drs	0.837 drs	0.484 drs	0.912 drs	0.899 drs	0.937 drs
inaloa	0.801 drs	0.599 drs	0.969 drs	0.814 drs	0.478 drs	0.850 drs	0.845 drs	0.997 irs
onora	0.802 drs	0.570 drs	0.928 drs	0.876 drs	0.436 drs	0.791 drs	0.854 drs	0.934 drs
abasco	-	-	-	-	0.655 drs	0.924 drs	0.967 drs	0.992 irs
amaulipas	0.777 drs	0.539 drs	0.872 drs	0.800 drs	0.397 drs	0.637 drs	0.772 drs	0.863 drs
axcala	0.943 drs	0.989 irs	0.935 irs	0.973 drs	0.325 irs	0.897 irs	0.968 irs	0.765 irs
eracruz de Ignacio de la Llave	0.747 drs	0.473 drs	0.698 drs	0.662 drs	0.356 drs	0.871 drs	0.847 drs	0.855 drs
ucatán	0.802 drs	0.730 drs	0.983 drs	0.835 drs	0.527 drs	0.905 drs	0.854 drs	0.992 irs
acatecas	-	0.999 drs	0.998 drs	0.993 drs	0.853 drs	0.964 irs	0.947 irs	0.994 drs

irs = Rendimientos Crecientes de Escala

drs=Rendimientos Decrecientes de Escala