

## El sector salud en las entidades federativas de México, 2000-2016: un estudio de eficiencia a través de la envolvente de datos

*The health sector in the states of Mexico, 2000-2016: An efficiency study through the data envelopment*

Odette Virginia Delfín Ortega <sup>1</sup>

Félix Chamú Nicanor <sup>2</sup>

César Lenin Navarro-Chávez <sup>3</sup>

### Resumen

El objetivo de este artículo es el de realizar un análisis comparativo de la eficiencia del gasto en salud en las entidades federativas de la República Mexicana durante el periodo 2000-2016. Para este efecto se instrumenta la metodología del *Data Envelopment Analysis* (DEA, por sus siglas en inglés), desarrollándose un modelo no orientado, donde se calcula la eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala. Se incorporan, además, los análisis de *benchmarking y slacks*. En los resultados se muestra que en el modelo VRS con *bootstrap*, los estados de Nuevo León (0.9903), Chihuahua (0.9869) y Coahuila (0.9864) fueron los que tuvieron los promedios más altos de eficiencia, sin llegar a ser eficientes. Mientras que en el lado opuesto, se encuentran Chiapas (0.9134), Colima (0.9158) y el estado de Hidalgo (0.9161) con los promedios más bajos de eficiencia en el periodo de estudio.

**Palabras clave:** Eficiencia, DEA, salud, México.

### Abstract

The objective of the article is to carry out a comparative analysis of the efficiency of health spending in the entities of the Mexican Republic during the period 2000-2016. For this purpose, the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology is implemented, developing a

---

<sup>1</sup> Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Email: [odette.delfin@umich.mx](mailto:odette.delfin@umich.mx)

<sup>2</sup> Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Email: [felix.chamu@umich.mx](mailto:felix.chamu@umich.mx)

<sup>3</sup> Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Email: [cesar.navarro@umich.mx](mailto:cesar.navarro@umich.mx)

non-oriented model, where global technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency are calculated. Additionally, benchmarking and slacks analysis are incorporated. The results show that in the VRS model with bootstrap, the states of Nuevo León (0.9903), Chihuahua (0.9869) and Coahuila (0.9864) were the ones that had the highest averages of efficiency, without being efficient. While on the opposite side, there are Chiapas (0.9134), Colima (0.9158) and the state of Hidalgo (0.9161) with the lowest averages of efficiency in the study period.

**Keywords:** Efficiency, DEA, Health, Mexico.

## 1. Introducción

La salud y el bienestar constituyen uno de los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como parte de la nueva agenda de desarrollo sostenible 2030 (ONU, 2021). Para alcanzar este objetivo, entre otras acciones, los países deben destinar recursos económicos suficientes y aplicarlos eficientemente. Sin embargo, no todos los países tienen el mismo nivel de gasto en el sector salud. En el caso de México, en el año 2019 el gasto en salud representó 5.5% del Producto Interno Bruto (PIB), dato que lo ubica en un lugar relativamente bajo entre los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) cuyo promedio es de 8.8% (OCDE, 2019). Ante esta situación, el gasto destinado al sector salud debe emplearse de manera eficiente, a fin de contribuir en el logro de mejores niveles de salud y bienestar entre los mexicanos.

El bajo nivel de financiamiento público a la salud ha traído como consecuencia que la cobertura de servicios públicos básicos de salud en México siga siendo baja con relación a los países miembros de la OCDE. No obstante, para la mayoría de la población, el sistema público de salud representa la única opción para acceder a la atención médica. En el año 2017 el 82.71% de la población total de México, es decir 102,279,313 de 123,655,752 de habitantes, estaba afiliada al menos a una institución de salud del sector público (INEGI, 2020). Lo anterior refleja la importancia de la salud pública en este país.

El mejoramiento de la atención médica y el aumento en su cobertura en México ha sido un tema recurrente en los distintos planes nacionales de desarrollo. Sin embargo, a la fecha sigue siendo un tema pendiente. En 2019, se aprobó el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024, que plantea como uno de sus principios fundamentales “Salud para toda la población”, buscando garantizar en el año 2024 que todas y todos los habitantes de México reciban atención médica y hospitalaria gratuita, incluidos el suministro de medicamentos y materiales de curación y los exámenes clínicos (DOF, 2019). Lo anterior, se pretende lograr con la creación del Instituto Nacional de Salud para el Bienestar, que dará servicio en todo el territorio nacional a todas las personas no afiliadas a los institutos de seguridad social.



Este objetivo del PND se vuelve cada vez más importante para México, ya que se encuentra en desventaja en indicadores relevantes de salud respecto al promedio de los países de la OCDE. Para el año 2019, en promedio la esperanza de vida al nacer en México era de 75.4 años, mientras que en los países miembros de OCDE fue de 80.7 años. La mortalidad evitable, es decir, muertes por 100,000 personas, fue de 367, mientras que el promedio de los países de la OCDE fue de 208. La cobertura en atención médica de la población (población cubierta por esquemas gubernamentales y seguros) fue de 89%, mientras que, en los países de la OCDE en promedio fue de 98% (OCDE, 2019).

En el ámbito nacional existen diferencias muy importantes entre las 32 entidades federativas. Por ejemplo, la esperanza de vida al nacer, en el año 2021, la entidad con mejor registro fue la Ciudad de México con 76.7 años, mientras que en el lado opuesto se encuentran los estados de Oaxaca y Guerrero con 74.3 y 73.5 años, respectivamente. La tasa bruta de mortalidad más baja corresponde a Quintana Roo con 4.42 por ciento y la más alta se presenta en la Ciudad de México con 7.58 por ciento (CONAPO, 2021).

La salud en México y en el mundo se ha convertido en un tema relevante desde el punto de vista académico, así como para los responsables de diseñar, implementar y evaluar políticas públicas en materia de salud. En este trabajo, se tiene como objetivo analizar el nivel de eficiencia del gasto en salud en las entidades de la República Mexicana durante el periodo 2000-2016.

El artículo está estructurado en seis apartados. En el primero, se tiene la introducción; en el segundo, se encuentra la revisión de la literatura; enseguida se presentan los materiales y métodos donde se explica la metodología *Data Envelopment Analysis* (DEA); en el cuarto apartado, se aborda el desarrollo del modelo; en el quinto apartado, se exponen los resultados; y, finalmente se encuentran las conclusiones.

## 2. Revisión de literatura

El surgimiento de la pandemia mundial a principios de 2020, causada por el SARS-CoV-2 ha revelado las debilidades del sector salud en el mundo, particularmente, en países pobres y en vías de desarrollo. Esto ha confirmado la importancia de contar con sistemas de salud capaces de responder a la demanda actual y futura de servicios de salud. Por lo que, es fundamental evaluar el desempeño del sector salud, con la finalidad de trabajar en la propuesta de políticas públicas dirigidas a atender este objetivo.

Medir el desempeño de la eficiencia no es proceso sencillo debido a las características propias de cada sistema de salud, a la disposición y calidad de la información y a la adecuada selección del método. Aunque existen métodos alternativos para medir la eficiencia en las organizaciones de servicios, uno de los más utilizados para medir los servicios de salud es el análisis de la envolvente de datos (DEA), que utiliza numerosos recursos para producir múltiples resultados (González *et al.*, 2021).

Existen diversos estudios sobre el desempeño del sector salud a nivel mundial. Vitezic y Petrlic (2020) realizaron un estudio para Croacia en el período 2014-2016 a través del *Balanced Scorecard* (BSC)-DEA, para encontrar un modelo analítico-predictivo apropiado para medir la eficiencia y efectividad de los institutos de salud pública. Mourad *et al.* (2021), llevaron a cabo un estudio para evaluar el desempeño de los sistemas de salud en países que tienen más de cincuenta millones de ciudadanos enfrentando el virus Covid-19, utilizando la metodología DEA durante el período de enero a septiembre de 2020. Artur *et al.* (2016) emplean el modelo DEA BBC orientado al output para determinar los niveles de eficiencia de los hospitales brasileños.

Cheng *et al.* (2016), analizaron los cambios de eficiencia y productividad en los hospitales municipales de China antes y después del proceso de reforma implementada en 2009, a través del modelo DEA-Índice Malmquist orientado al *output*. Por otra parte, Kawaguchi *et al.* (2013), a través del modelo DEA, evaluaron el efecto de la reforma desde 2007, para considerar nuevas contramedidas a los problemas financieros de los hospitales municipales de Japón. Sultan y Crispim (2018), realizaron un estudio, a través del modelo DEA *input* orientado, para evaluar la eficiencia productiva de los hospitales públicos de Cisjordania y estudiar los factores contextuales que contribuyen a las diferencias de eficiencia. Karahan (2019), mediante el modelo DEA *output* orientado, tuvo como objetivo incrementar la eficiencia de las empresas identificando el rendimiento y los niveles de eficiencia de 1,533 hospitales públicos en 81 provincias de Turquía, identificando los problemas de las unidades que provocan interrupciones.

Existen otros estudios del desempeño del sector salud, a través de la metodología DEA, que ponen el énfasis en el gasto público en salud. González *et al.* (2021), evalúan la eficiencia de 18 centros de atención primaria de salud en un distrito sanitario de la Comunidad Valenciana, España, incluyendo entre sus *inputs* los costos, es decir, gastos de personal, gastos en exámenes y gastos en farmacéuticos. Ahmed *et al.* (2019), utilizan el gasto en salud per cápita como *input* y dentro de los *outputs* la esperanza de vida saludable al nacer para estimar la eficiencia técnica de los sistemas de salud en Asia en el año 2015, a través de un modelo DEA con orientación al *output*. Du (2018), para medir el desempeño del servicio de salud de 31 provincias de China continental en 2014, utiliza como uno de sus *inputs*, además de los recursos físicos, el gasto sanitario total. En otro estudio, Nistor *et al.* (2017), con el objetivo de analizar la eficiencia del sector público en un país emergente como Rumania en 2014, miden el desempeño, a través de la eficiencia del sistema de salud público e incluyen entre sus *inputs*, además del número de camas y doctores, los gastos operativos no salariales. Finalmente, Asandului *et al.* (2014), a partir de un modelo *input* orientado con el objetivo de evaluar la eficiencia de los sistemas públicos de salud en Europa consideran como *inputs* el gasto público en salud como porcentaje del PIB, el número de doctores y las camas de hospital, dentro de los *outputs* sobresalen la esperanza de vida al nacer y la tasa de mortalidad infantil.



### 3. Materiales y métodos

El análisis de la envolvente de datos (DEA) es un método no paramétrico que trabaja con el desarrollo de una superficie envolvente o periferia efectiva a partir de la información accesible de la disposición de elementos investigados conocida como Unidad de Toma de Decisiones (DMU) (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978), donde cada una de estas DMU obtiene un peso o valor de los *inputs* y *outputs* que maximizan el resultado de eficiencia de su producción. De este modo, las unidades inútiles quedan fuera de la frontera, lo que permite evaluar la eficiencia relativa de cada unidad.

Farrell (1957) centró el problema de la eficiencia en su estimación a partir de los datos observados en las unidades productivas, dotando de un marco analítico al concepto neoclásico de “eficiencia paretiana”. En su trabajo diferenció entre eficiencia técnica y eficiencia *asignativa*. En todo proceso de producción, la eficiencia técnica orientada a los *inputs* viene dada por el consumo de *inputs* mínimo necesario para lograr un determinado volumen de *outputs*. Por otra parte, una empresa es eficiente en precios o *asignativamente* cuando combina los *inputs* en la proporción que minimiza sus costes. En la primera se comparan los *inputs* y los *outputs* en unidades físicas, y en la segunda se añaden los precios de los factores de producción. La combinación de estos dos indicadores proporciona una medida de la eficiencia denominada “económica” o “global”. Afriat (1972) añade otra vertiente al concepto de eficiencia al considerar la escala en la que está produciendo la empresa.

A partir de las cantidades empleadas de *inputs* y producidas de *outputs*, los modelos DEA determinan cuales son las mejores prácticas, comparando la unidad de producción - DMU- seleccionada con todas las posibles combinaciones lineales del resto de unidades de producción de la muestra, para definir, posteriormente con ellas, una frontera eficiente de producción empírica. De este modo la eficiencia de cada una de las unidades se mide como la distancia a la frontera, pudiendo estimar la eficiencia de unidades organizativas en diversos campos de aplicación (Cooper, Seiford y Tone, 2006).

La literatura sobre la eficiencia técnica tiene su origen en los primeros años de la década de los 50's. La primera definición formal de eficiencia técnica la propuso Koopmans donde decía que "un vector compuesto de insumos y productos será técnicamente eficiente si es tecnológicamente imposible aumentar cualquier producto o reducir cualquier insumo, sin reducir simultáneamente otro producto o aumentar otro insumo" (Koopmans, 1951, p. 460) y la primera medida de la eficiencia técnica es propuesta por Debreu (1951) y Shephard (1953), aunque con diferente orientación (*output* e *input*, respectivamente).

### 3.1 Modelo DEA con rendimientos constantes a escala

El estudio de Farrell (1957) se complementa con los trabajos de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que partían de rendimientos constantes a escala (CRS), de forma tal que un cambio en los niveles de *inputs* conlleva a un cambio proporcional en el nivel del *output*, el cual requiere tantas optimizaciones como unidades de decisión (DMU). Tiene dos orientaciones: *input* (la comparación entre el nivel mínimo de *inputs* necesario, para un nivel dado de *outputs*) y la orientación *output* (la comparación entre el *output* máximo alcanzable, para un nivel dado de *inputs*). Puede escribirse en términos generales en tres formas: fraccional, multiplicativa y envolvente.

Para todo programa lineal original (programa primal) existe otro programa lineal asociado, denominado programa dual, que puede ser utilizado para determinar la solución del problema primal. Existe una variable dual por cada restricción primal y una restricción dual por cada variable primal. En la mayor parte de las aplicaciones DEA, el modelo que más emplean en la medición de eficiencia es de la forma envolvente.

Se muestra el modelo de programación lineal con orientación output en su forma envolvente:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \theta \\ & \text{Sujeto a: } Y\lambda - yr\theta \geq 0 \\ & X\lambda - Xi \leq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Donde  $\theta$  representa la distancia desde la salida hasta la envolvente de datos, que es una medida de eficiencia;  $X$  es la matriz de los *inputs*,  $Y$  es la matriz de salida de los *outputs*;  $\lambda$  es el vector de peso o intensidad,  $x_i$ , y respectivamente, representa un vector de *inputs* y *outputs*.

### 3.2 Modelo DEA con rendimientos variables a escala

Banker, Charnes y Cooper (1984) extendieron el modelo original para incluir rendimientos variables a escala (VRS). Considerando que diversas circunstancias como la competencia imperfecta, las restricciones en el acceso a fuentes de financiación, etc., pueden provocar que las unidades no operen a escala óptima. Por lo que al programa lineal original se le agrega una restricción.

El modelo con rendimientos variables a escala se puede presentar al igual que el modelo de rendimientos constantes a escala, en tres maneras diferentes: en forma fraccional, multiplicativa y envolvente.

En el modelo DEA VRS en su forma envolvente se propone una modificación al programa lineal original con rendimientos constantes a escala al cual se le agrega una restricción:



$\sum \lambda_i = 1$ . De tal manera que, el modelo orientado a resultados es el siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \theta \\ & \text{Sujeto a: } Y\lambda - yr\theta \geq 0 \\ & X\lambda - Xi \leq 0 \\ & \sum \lambda_i = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

La unidad evaluada será calificada como eficiente, según la definición de Pareto-Koopmans, si y solo si en la solución óptima  $\theta^* = 1$ .

### *Eficiencia de Escala*

La eficiencia de escala mide el impacto del tamaño de la escala en la productividad de una DMU. Para poder realizarlo se deben calcular los dos modelos: CRS y VRS con los mismos datos, si existe una diferencia para las dos mediciones para una DMU en particular, entonces significa que esa DMU posee ineficiencia de escala y que el valor de ineficiencia es la diferencia entre la medición CRS y VRS (Coll & Blasco, 2006).

La eficiencia técnica global (ETG) puede ser descompuesta en eficiencia técnica pura (ETP) y eficiencia de escala (EE).

Por lo tanto la  $ETG = ETP * EE$

También se puede definir de la siguiente manera:

Eficiencia de Escala = (Eficiencia Técnica Global (CRS)) / (Eficiencia Técnica Pura (VRS))

Donde:

CRS = rendimientos constantes a escala.

VRS = rendimientos variables a escala.

### *3.3 Outputs indeseables*

Los modelos clásicos suponen que todos los *outputs* son deseables y que se pretende reducir la utilización de *inputs* y maximizar los *outputs*. Sin embargo, es frecuente que en el proceso de producción aparezcan *outputs* nocivos o no deseables. Pittman (1983) fue el primero en tomar en cuenta los *outputs* indeseables (*badoutputs*). Antes de Pittman, se consideraba que las variables de salida fueran solo maximizadas.

La premisa es que mientras las salidas deseables son maximizadas, las salidas no deseadas deben reducirse al mínimo.

Se consideran  $n$  DMU $_j$ , ( $j= 1,2,\dots,n$ ) cada DMU $_j$  consume cierto nivel de *inputs*  $x_{ij} > 0$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) para producir dos clases de *outputs*: deseables y no deseables (Seiford y Zhu, 2002);

*Good outputs*:  $g_{rk} > 0$ ,  $r = (1,2,\dots,s)$ .

*Bad outputs*:  $b_{fk} > 0$ ,  $f = (1,2,\dots,z)$ .

$$\begin{aligned} & \text{Max } \beta \\ \text{Sujeto a: } & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{ik} && (i=1,\dots,n) \\ & \sum_{j=1}^n g_{rj} \lambda_j \geq g_{rk} + \beta g_{rk} \\ & (r=1,\dots,s) \\ & \sum_{j=1}^n b_{fj} \lambda_j \leq b_{fk} - \beta b_{fk} && (f=1,\dots,z) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \beta \geq 0, \lambda_j \geq 0 \quad (j=1,\dots,m) \end{aligned}$$

$\beta$  representa la ineficiencia técnica, aquí los *outputs* están separados en deseables ( $g_{rk}$ ) e indeseables ( $b_{fk}$ ).

### 3.4 Técnica bootstrap

El *bootstrap* es una herramienta estadística que fue introducida por Efron (1979), para analizar la sensibilidad de las medidas de eficiencia a una muestra de variación. La adaptación consistente del *bootstrap* a estimaciones del DEA fue formulada por primera vez por Simar y Wilson (1998).

De acuerdo con Simar y Wilson (2006), para poder determinar el sesgo que cada empresa puede tener, se debe generar una muestra con la que se consiga obtener una estimación del verdadero valor de la función de la frontera y restarla a la eficiencia estimada con el DEA. Al repetir este proceso de manera reiterada, se obtendrán infinitas fronteras *bootstrap* que se compararán siempre con la misma frontera verdadera. Esto dará como resultado infinitas mediciones de eficiencia *bootstrap* para cada empresa. Si el proceso generador de datos ha sido estimado con propiedad, la distribución del sesgo *bootstrap* de cada empresa debe ser similar al que se presenta en el mundo real.

En el caso de la estimación *bootstrap*, en vez de obtener una única muestra repetimos el procedimiento anterior un elevado número de veces para asegurarnos que el sesgo calculado con la muestra *bootstrap*, corresponda al del mundo real. El número de veces  $B$  que se repita el procedimiento será aquel que garantice que la aproximación es fiable. Normalmente se considera que al menos sean 1000 muestras. Simar y Wilson (2000) recomiendan remuestrear 2000 o incluso un número mayor de veces.



#### 4. Desarrollo del modelo

En esta investigación se propone desarrollar un modelo DEA no orientado donde se determine la eficiencia técnica global, la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala. Para darle robustez a los resultados se aplica la técnica *bootstrap* con 2000 interacciones (Simar y Wilson, 2000).

El proceso de evaluación de la eficiencia a través del modelo DEA se inicia con la elección de las Unidades de Toma de Decisión (DMUs) que serán objeto de análisis para este trabajo. Se contemplaron a las 32 entidades federativas de la República Mexicana.

La selección de variables se realizó a partir de la revisión de la literatura y del objetivo de este trabajo que es el de analizar el nivel de eficiencia del gasto en salud en las entidades federativas de la República Mexicana (véase tabla 1).

Tabla 1 Selección de variables

<i>Inputs</i>	<i>Autores</i>
Gasto público	Mesías-Tamayo, Reza-Paocarina y León-Serrano (2020); Mendoza, Fontalvo y De la Hoz (2020); Dhrifi (2018); Perez-Romero, Ortega-Díaz, Ocaña-Riola y Martín-Martín (2017); Herrero, Martín-Martín y López del Amo (2015); Armijo y Espada (2014); Iñiguez <i>et al.</i> (2012).
Camas de hospital	Mourada, Mohamed y Tharwata (2021); Suin-Guaraca, Feijoo-Criollo, & Suin-Guaraca (2021); Pérez-Romero, Ortega-Díaz, Ocaña-Riola y Martín-Martín (2017); Herrero, Martín-Martín, López del Amo (2015); Flokou, Aletras, Niakas (2017); Kohl, Schoenfelder, Fügenger y Brunner (2018).
Consultorios	Herrero, Martín-Martín y López del Amo (2015); Flokou, Aletras y Niakas (2017); Kohl, Schoenfelder, Fügenger y Brunner (2018); Dhrifi (2018).
Médicos	Suin-Guaraca, Feijoo-Criollo y Suin-Guaraca (2021); Herrero, Martín-Martín y López del Amo (2015); Kohl, Schoenfelder, Fügenger y Brunner (2018); Dhrifi (2018).
Enfermeras	Herrero, Martín-Martín y López del Amo (2015); Flokou, Aletras y Niakas (2017); Kohl, Schoenfelder, Fügenger y Brunner (2018).
<b><i>Outputs</i></b>	
Consultas	Suin-Guaraca, Feijoo-Criollo y Suin-Guaraca (2021); Herrero, Martín-Martín y López del Amo (2015); Flokou, Aletras y Niakas (2017); Kohl, Schoenfelder, Fügenger y Brunner (2018).
Esperanza de vida al nacer	Mesías-Tamayo, Reza-Paocarina y León-Serrano (2020); Mendoza, Fontalvo y De la Hoz (2020); Dhrifi (2018).
Tasa bruta de mortalidad	Dhrifi (2018); Iñiguez <i>et al.</i> (2012), Gutiérrez y Bertozzi, (2003).

Fuente: Elaboración propia con base en la revisión de la literatura.



De la revisión de la literatura y de la disponibilidad de información estadística los *inputs* y *outputs* y *bad output* considerados para el modelo de eficiencia DEA fueron los siguientes:

*Inputs*

- Camas censables por cada 100 000 habitantes.
- Consultorios por cada 100 000 habitantes.
- Médicos en contacto directo con el paciente por cada 100 000 habitantes.
- Enfermeras por cada 100 000 habitantes.
- Gasto público total en salud (miles de pesos).

*Outputs*

- Consultas externas generales por cada 1 000 habitantes.
- Esperanza de vida al nacer.

*Badoutput*

- Tasa bruta de mortalidad

## 5. Resultados

En este apartado, se tienen las mediciones de la eficiencia técnica global (ETG), desagregada a su vez, en eficiencia técnica pura (ETP) y en eficiencia de escala (EE), con la instrumentación del estadístico bootstrap en el sector salud durante el periodo 2000-2016. Se consideran en los resultados además, el análisis benchmarking y el análisis de slacks.

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos, donde se observa que ninguna de las entidades federativas fue eficiente, en promedio la eficiencia técnica global fue del 0.798, - el más bajo de los 3 modelos- explicado en gran medida por la eficiencia de escala que tuvo un valor promedio de 0.8229. En contraste la eficiencia técnica pura es el modelo donde las entidades federativas alcanzaron los valores más altos (0.9704).

La entidad federativa con el nivel más alto en la eficiencia técnica global fue Guanajuato. Mientras que, el estado de Hidalgo con el 0.9394 se ubicó en el primer lugar en materia de eficiencia de escala sin llegar a ser eficiente. Para el período de estudio con los menores niveles de eficiencia técnica global y de escala se sitúa el Distrito Federal con promedios del 0.5234 y del 0.5324 en ese orden.

Los resultados del modelo de eficiencia técnica pura (VRS) con bootstrap, muestran que el estado de Nuevo León fue el que tuvo el nivel más alto de eficiencia con el 0.9903 –muy cercano a la unidad-, en tanto que, Chiapas se encuentra con el promedio más bajo (0.9134).

Tabla 2 Eficiencia del gasto en salud en México 2000-2016

	<i>Entidad federativa</i>	<i>ETG Bootstrap</i>	<i>ETP Bootstrap</i>	<i>E. Escala Bootstrap</i>
1	Aguascalientes	0.7899	0.9785	0.8073
2	Baja California	0.8610	0.9713	0.8865
3	Baja California Sur	0.7926	0.9724	0.8151
4	Campeche	0.8780	0.9709	0.9043
5	Coahuila de Zaragoza	0.7421	0.9864	0.7523
6	Colima	0.8098	0.9158	0.8843
7	<b>Chiapas</b>	0.7978	<b>0.9134</b>	0.8734
8	Chihuahua	0.8732	0.9869	0.8848
9	<b>Distrito Federal</b>	<b>0.5234</b>	0.9832	<b>0.5324</b>
10	Durango	0.8421	0.9816	0.8579
11	<b>Guanajuato</b>	<b>0.8948</b>	0.9726	0.9201
12	Guerrero	0.8666	0.9744	0.8894
13	<b>Hidalgo</b>	0.8606	0.9161	<b>0.9394</b>
14	Jalisco	0.7294	0.9819	0.7429
15	México	0.7488	0.9711	0.7711
16	<b>Michoacán de Ocampo</b>	<b>0.8240</b>	<b>0.9733</b>	<b>0.8465</b>
17	Morelos	0.8479	0.9777	0.8673
18	Nayarit	0.8438	0.9748	0.8656
19	<b>Nuevo León</b>	0.7720	<b>0.9903</b>	0.7795
20	Oaxaca	0.8689	0.9674	0.8981
21	Puebla	0.8577	0.9722	0.8822
22	Querétaro	0.8365	0.9749	0.8581
23	Quintana Roo	0.7318	0.9712	0.7536
24	San Luis Potosí	0.8777	0.9779	0.8976
25	Sinaloa	0.8492	0.9830	0.8639
26	Sonora	0.7123	0.9776	0.7286
27	Tabasco	0.7497	0.9785	0.7662
28	Tamaulipas	0.7353	0.9783	0.7515
29	Tlaxcala	0.7215	0.9714	0.7427
30	Veracruz de Ignacio de la Llave	0.7480	0.9618	0.7777
31	Yucatán	0.7714	0.9711	0.7943
32	Zacatecas	0.7792	0.9747	0.7995
	Promedio	0.7980	0.9704	0.8229

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos a través de la metodología DEA



En el caso de Michoacán se puede observar que tuvo un nivel de eficiencia de 0.824 en el modelo CRS, y 0.9733 en el modelo VRS, lo que da cuenta de que no se están optimizando adecuadamente los *inputs* en función de los *outputs*: consultas externas, la esperanza de vida al nacer y la tasa bruta de mortalidad.

### 5.1 Análisis *benchmarking*

La característica principal del análisis *benchmarking* es la de identificar a las DMU's eficientes que son consideradas como puntos de referencia para las DMU's que son ineficientes, y que tienen ciertas características similares. Cada unidad referente indicará la intensidad de influencia -los coeficientes que aparecen entre paréntesis- que tiene sobre las unidades ineficientes (Coll y Blasco, 2006).

Se instrumentó este análisis para el modelo DEA con rendimientos variables para el año 2016. Se observa en la tabla 3 que Quintana Roo fue la entidad federativa que se tomó mayor número de veces (11) como referencia para los demás estados, seguido de Yucatán y Querétaro (7 veces) y Tlaxcala (6 veces), En el caso específico de Michoacán se tomó como referencia a sí mismo.

Tabla 3 *Análisis benchmarking*

<i>Entidad federativa</i>		<i>Benchmarking</i>
1.	Aguascalientes	22(0.167490); 23(0.692674); 29(0.205466)
2.	Baja California	02(1.000000)
3.	Baja California Sur	03(1.000000)
4.	Campeche	03(0.206081); 18(0.580970); 23(0.137282); 29(0.066575)
5.	Coahuila	23(0.607400); 25(0.092300); 31(0.342212)
6.	Colima	03(0.289245); 23(0.014097); 29(0.726038)
7.	Chiapas	07(1.000000)
8.	Chihuahua	11(0.042683); 13(0.296305); 15(0.359218); 22(0.204897); 23(0.118822)
9.	Distrito Federal	03(0.173370); 23(0.968515); 31(0.065454)
10.	Durango	13(0.125049); 18(0.142376); 23(0.421804); 31(0.347381)
11.	Guanajuato	11(1.000000)
12.	Guerrero	07(0.227769); 13(0.107193); 16(0.444649); 29(0.085753); 32(0.148775)
13.	Hidalgo	13(1.000000)
14.	Jalisco	15(0.769120); 22(0.078020); 23(0.261491); 31(0.010844)
15.	México	15(1.000000)
16.	Michoacán	16(1.000000)
17.	Morelos	11(0.196604); 22(0.091712); 29(0.485355); 32(0.239874)
18.	Nayarit	18(1.000000)
19.	Nuevo León	15(0.117786); 23(0.455119); 25(0.489746)
20.	Oaxaca	20(1.000000)
21.	Puebla	07(0.254478); 11(0.617900); 15(0.017027); 16(0.144629)
22.	Querétaro	22(1.000000)
23.	Quintana Roo	23(1.000000)
24.	San Luis Potosí	11(0.163000); 16(0.284447); 20(0.051682); 32(0.500842)
25.	Sinaloa	25(1.000000)
26.	Sonora	15(0.211702); 22(0.173099); 23(0.481454); 31(0.208501)
27.	Tabasco	27(1.000000)
28.	Tamaulipas	15(0.256931); 22(0.252415); 23(0.290819); 31(0.264073)
29.	Tlaxcala	29(1.000000)
30.	Veracruz	13(0.264003); 15(0.380372); 16(0.444841)
31.	Yucatán	31(1.000000)
32.	Zacatecas	32(1.000000)

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos a través de la metodología DEA



## 5.2 Análisis de holguras

El análisis de holguras o de *slacks* permite analizar en qué variable y en qué proporción se debe de realizar una reducción en algún *input* o bien un incremento en los *output* para alcanzar los niveles de eficiencia.

Tabla 4 Análisis de *slacks*

	Camas	Consultorios	Médicos	Enfermeras	Gasto en salud	Consultas	Esperanza de vida	Mortalidad
Aguascalientes	0	0	0	0	0	0	0	0
Baja California	0	0	0	0	0	0	0	0
Baja CaliforniaSur	0	0	0	0	0	0	0	0
Campeche	-14.162	-10.584	0	-11.492	0	0	3.041	-0.002
Coahuila	-28.368	0	0	-25.795	0	0	0	0
Colima	0	0	0	0	0	0	0	0
Chiapas	0	0	0	0	0	0	0	0
Chihuahua	-22.997	0	0	-53.747	0	0	0	0
Distrito Federal	-78.128	-15.329	132.903	-205.346	-88960997.137	0	0	0
Durango	0	0	0	0	0	0	0	0
Guanajuato	0	0	0	0	0	0	0	0
Guerrero	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidalgo	0	0	0	0	0	0	0	0
Jalisco	-11.395	0	-11.702	-9.678	-15871847.575	82.050	0	0
México	0	0	0	0	0	0	0	0
Michoacán de Ocampo	-9.194	-10.698	-0.965	0	-3101553.898	0	0	-1.147
Morelos	-7.227	-8.016	0	-15.435	0	0	0	-0.241
Nayarit	0	-14.674	-6.975	-18.204	0	0	0	0
Nuevo León	-18.539	0	0	-1.561	0	89.117	0	0
Oaxaca	-8.799	-17.915	0	0	0	0	0	-0.731
Puebla	-18.162	-5.929	-1.193	0	0	0	0	-0.450
Querétaro	0	0	0	0	0	0	0	0
Quintana Roo	0	0	0	0	0	0	0	0
San Luis Potosí	-17.495	0	0	-1.265	0	0	0	-0.284
Sinaloa	-6.829	0	-4.638	0	0	0	0	0
Sonora	-32.950	-7.171	-11.934	-30.244	-12486408.435	0	0	0
Tabasco	0	-26.140	-31.181	0	0	0	0	0
Tamaulipas	-18.640	0	0	-7.810	0	0	0	0
Tlaxcala	0	0	0	0	0	0	0	0
Veracruz	-12.165	-5.864	0	0	0	274.033	0	-0.870
Yucatán	0	0	0	0	0	0	0	0
Zacatecas	-5.736	-5.025	0	-21.527	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos a través de la metodología DEA

Se instrumentó este análisis para el modelo DEA con rendimientos variables para el año 2016 y se observa en la tabla 4, que para el *input* camas, 16 entidades federativas no utilizan adecuadamente este insumo y deben disminuirlo para poder ser más eficientes. Para el caso de los consultorios 11 entidades federativas deben reducirlos. Por lo que se refiere a los médicos, fueron 8 entidades quienes deben de reducir este *input*. Las enfermeras por su parte, son 12 estados los que deben reducir este insumo, siendo el *input* con mayor número de entidades federativas que presentaron problemas en esta dirección. En el lado opuesto, el gasto en salud fue el indicador que menos entidades federativas deben de reducir este *input* (4 únicamente).

En lo que respecta a los *outputs*, las consultas externas son 3 las entidades federativas que deben de aumentarlas. En la esperanza de vida al nacer, solamente Campeche, es el estado que debe mejorar este *output*. Por último, el índice de mortalidad infantil es un indicador en el cual 7 entidades federativas muestran problemas haciéndose necesario reducir este *output* indeseable para lograr ser más eficiente.

## 6. Conclusiones

Uno de los diecisiete objetivos de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible lo constituye la salud y el bienestar. Dentro de las acciones que los países deben realizar para alcanzar este objetivo se encuentran las de destinar suficientes recursos económicos, pero sobre todo, el aplicarlos de manera eficiente (ONU, 2021). En México para el año 2019, su gasto en salud representó el 5.5% del Producto Interno Bruto, mientras que el gasto promedio de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para este año fue del 8.8% (OCDE, 2019).

Para medir la eficiencia de los servicios del sector salud, en este trabajo se desarrolla un método no paramétrico, como es el caso del análisis de la envolvente de datos (DEA por sus siglas en inglés). Se considera un modelo DEA no orientado y se determina la eficiencia técnica global, la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala. Además, con la finalidad de dar una mayor robustez a los resultados se aplica la técnica *bootstrap* con 2000 interacciones.

Los resultados obtenidos a través del DEA con la instrumentación del *bootstrap* a nivel nacional durante el período 2000-2016, se dieron en los siguientes términos. Por lo que respecta a la eficiencia técnica global el promedio para estos años fue del 0.7980, explicado esto en gran medida por la incidencia de la eficiencia de escala, la cual tuvo un valor promedio de 0.8229. Mientras que, el promedio de la eficiencia técnica pura fue del orden de 0.9704, el más alto de las tres eficiencias revisadas.

Por entidades federativas, es Guanajuato el que alcanza el nivel más alto en la eficiencia técnica global con un 0.8948, en tanto que, es el estado de Hidalgo con el 0.9393, quien se ubica en primer lugar en lo que a eficiencia de escala se refiere. En cuanto a la



eficiencia técnica pura, es el estado de Nuevo León con un valor del 0.9903, el que obtuvo los mayores niveles de eficiencia en este indicador. En el lado opuesto, con los menores promedios en materia de eficiencia técnica global y de escala se encuentra el Distrito Federal con valores del 0.5234 y 0.5324 respectivamente. Es el estado de Chiapas con un promedio del 0.9134, es el que tuvo el más bajo nivel de eficiencia técnica pura.

En el caso de Michoacán sus niveles de eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala sus promedios fueron de 0.8240, 0.9733 y 0.8465 en ese orden. Es la eficiencia técnica pura donde alcanza sus mejores resultados, incluso por encima del promedio nacional. No obstante, sigue sin ser eficiente en el sector salud, esto es, no se están optimizando adecuadamente los *inputs* en función de los *outputs* relativos a las consultas externas, la esperanza de vida al nacer y la tasa bruta de mortalidad.

En los resultados obtenidos es de destacar además, el análisis de *benchmarking* y el análisis *slacks*. El primero, para identificar a las DMU's eficientes que son consideradas como puntos de referencia de las unidades ineficientes. El segundo, permite observar las proporciones en qué deberán realizarse las reducciones de los *inputs* o bien las variaciones de los *outputs* para alcanzar la eficiencia en el sector salud.

Finalmente, es de mencionar la importancia de realizar estudios a partir de los modelos DEA con la instrumentación de herramientas estadísticas como es el *bootstrap*, el análisis *benchmarking* y el análisis *slacks*, ya que permiten en materia de política pública avanzar en el planteamiento de ejes estratégicos en los sectores o áreas objeto de estudio, en este caso, el sector salud.

## Bibliografía

- Afriat, S. (1972). Efficiency estimation of productions functions. *International Economic Review*, 13 (3), 568-98.
- Ahmed, S., Hasan, M. Z., MacLennan, M.; Dorin, F., Ahmed, M. W., Hasan, M.; Khan, J. A. (2019). Measuring the efficiency of health systems in Asia: a data envelopment analysis *BMJ Open*, 1-12. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-022155
- Armijo, M. & Espada. (2014). *Calidad del gasto público y reformas institucionales en América Latina*. Chile: Santiago, Ed. Organización de las Naciones Unidas.
- Artur, A., Alex, E., Lucchesi, A., Rios, M., & Urbano, C. (2018). Data envelopment analysis (DEA) of brazilian hospitals' investment patterns. *Rev. Adm. UFSM*, 701-720.
- Asandului, L., Roman, M., & Fatulescu, P. (2014). The efficiency of healthcare systems in Europe: a Data Envelopment Analysis Approach. *Procedia Economics and Finance*, 10, Pp. 261-268.
- Banker, R., Charnes, A. y Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.

- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978). Measurement the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Cheng, Z., Cai, M., Tao, H., He, Z., Lin, X., Lin, H., & Zuo, Y. (2016). Efficiency and productivity measurement of rural township hospitals in China: a bootstrapping data envelopment analysis. *BMJ Open*, 6 (11), Pp. 1-10. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-011911
- Coll, V. y Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos: Introducción a los modelos básicos*. Universidad de Valencia. Disponible en: [https://www.uv.es/vcoll/libros/2006\\_evaluacion\\_eficiencia\\_DEA.pdf](https://www.uv.es/vcoll/libros/2006_evaluacion_eficiencia_DEA.pdf)
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2021). Indicadores Demográficos de México 1970-2050 Obtenido de [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa\\_Ind\\_Dem18/index.html](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Mapa_Ind_Dem18/index.html)
- Cooper, W., Seiford, L. y Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and its uses*. New York: Springer-Verlag.
- Debreu, G., (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3). 273-292. doi: <https://doi.org/10.2307/1906814>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2019). *Plan nacional de desarrollo 2019-2024*. Obtenido de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019)
- Dhrifi, A. (2018). *Gastos en salud, crecimiento económico y mortalidad infantil: antecedentes de países desarrollados y en desarrollo*. Revista de la CEPAL, 125
- Du, T. (2018). Performance Measurement of Healthcare Service and Association Discussion between Quality and Efficiency: Evidence from 31 Provinces of Mainland China. *Sustainability*, 10 (2). Pp. 1-19. DOI: 10.3390/su10010074
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look at jackknife. *Ann Statist*, 7 (1), 1-26.
- Farrell, M. (1957). The Measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. Serie A, 120, Part III, 253-267
- Flokou A, Aletras V, Niakas D (2017). A window-DEA based efficiency evaluation of the public hospital sector in Greece during the 5-year economic crisis. *PLoS ONE* 12(5): e0177946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177946>
- González-de-Julián, S., Barrachina-Martínez, I., Vivas-Consuelo, D., Bonet-Pla, I., & Usó-Talamantes, R. (2021). Data Envelopment Analysis Applications on Primary Health Care Using Exogenous Variables and Health Outcomes. *Sustainability*, 1-17. DOI:<https://doi.org/10.3390/>
- Gutiérrez, J.; & Bertozzi, S. (2003). La brecha en salud en México, medida a través de la mortalidad infantil. *Salud Pública de México*, 45(2), 102-109. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342003000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342003000200006&lng=es&tlng=es).



- Herrero, L, Martín- Martín JJ, López del Amo, M. P. (2015). Eficiencia técnica de los hospitales públicos y de las empresas públicas hospitalarias de Andalucía. *Gaceta Sanitaria*, 29(4) DOI: 10.1016/j.gaceta.2015.03.001.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2020*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463901846>
- Iñiguez, P., Ferreyra, E., Arburua, M., Hernández, M., & Iñiguez, A. (2012). La eficiencia del sistema de salud en las provincias. Un análisis con variables discretas y no discretas. *Cuadernos del cimbage*, (14). Recuperado de <http://ojs.econ.uba.ar/index.php/CIMBAGE/article/view/364>
- Karahan, M. (2019). Using Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Public Hospitals in Turkey. *Ege Academic Review*, 373-387.
- Kawaguchi, H., Tone, K., & Miki, T. (2013). Estimation of the efficiency of Japanese hospitals using a dynamic and network data envelopment analysis model. *Workshop on DNDEA*, 65-72.
- Kohl S, Schoenfelder J, Fügener A, Brunner JO. (2018). The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. *Health Care Manag Sci*. 2019 Jun; 22(2):245-286. doi: 10.1007/s10729-018-9436-8.
- Koopmans, T., (1951), Efficient Allocation of Resources. *Econometrica*, 19(4).455-465. doi: <https://doi.org/10.7249/p116>
- Mendoza, A.; Fontalvo, T., y De la Hoz, E. (2020). Eficiencia del gasto público y privado en salud en los países de América Latina: 2000-2015. *Prospectiva*, 18 (2). DPI: <https://doi.org/10.15665/rp.v18i2.2202>
- Mesías-Tamayo, Reza-Paocarina y León-Serrano (2020). Eficiencia del gasto público en educación y salud en América Latina. *Revista Cumbres*, 6 (2). DOI: <https://doi.org/10.48190/cumbres.v6n2a3>
- Mourada, N., Mohamed, Ahmed H. y Tharwata A. (2021). Appraising healthcare systems efficiency in facing COVID-19 through data envelopment analysis. *Decision Science Letters*, 10, Pp. 301–310. DOI: 10.5267/j.dsl.2021.2.007
- Nistor, C., Síntejudeanu, M., & Crisan, A.-R. (2017). Performance through efficiency in the public healthcare system- a DEA approach in an emergent country. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Oeconomica*, 62(1), -. doi:10.1515/subboec-2017-0003.
- Perez-Romero, C.; Ortega-Díaz, M. I.; Ocana-Riola, R. y Martín-Martín, J. (2017). Análisis de la eficiencia técnica en los hospitales del Sistema Nacional de Salud español. *Gac Sanit* [online], 31(2), pp.108-115. ISSN 0213-9111. <https://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.10.007>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). *Health at a Glance 2019*. Obtenido de <https://www.oecd.org/mexico/health-at-a-glance-mexico-ES.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pérez-Romero, C.; Ortega-Díaz M.I.; Ocaña-Riola, R. y Martín-Martín, J. (2017). Análisis de la eficiencia técnica en los hospitales del Sistema Nacional de Salud español, *Gac Sanit*, 31(2):108–115
- Pittman, R. W. (1983). Multilateral Productivity Comparisons with Undesirable Outputs. *The Economic Journal*, (93): 883-891
- Seiford, L. M., & Zhu, J. (2002). Modeling Undesirable Factors in Efficiency Evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142, 16-20. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00293-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4)
- Shephard, R., (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton, NJ, United States of America: Princeton University Press
- Simar, L. y Wilson, P. (2006). Statistical inference in nonparametric frontier models: Recent developments and perspectives. *Journal of Productivity Analysis*. 13, 49–78.
- Simar, L. y Wilson, P. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management science*, 44 (1), 49-61.
- Simar, L. y Wilson, P. (2000). Statistical inference in nonparametric frontier models: The state of the art. *Journal of Productivity Analysis*, 13(1), 49-78.
- Suin-Guaraca L. H., Feijoo-Criollo E. P., & Suin-Guaraca F. A. (2021). La salud en territorio: una aproximación a la Eficiencia Técnica del Sistema de Salud en el Ecuador mediante el Análisis Envolvente de Datos DEA. *UDA AKADEM*, (7), 130 - 157. <https://doi.org/10.33324/udaakadem.vi7.372>
- Sultan, W. I., & Crispim, J. (2018). Measuring the efficiency of Palestinian public hospitals during 2010–2015: an application of a two-stage DEA method. *BMC Health Services Research*, 8(1), Pp. 1-17 doi: 10.1186/s12913-018-3228-1
- Vitezic, N., & Petrlc, A. (2020). An analytical-predictive model for measuring the efficiency and effectiveness of public health services. *The Open Public Health Journal*, 203-211.