

## **El análisis envolvente de datos, herramienta para la medición de la eficiencia en instituciones sanitarias, potencialidades y limitaciones**

### **Data envelopment analysis, a tool for efficiency measurement in health institutions: potentials and limitations**

**MSc. Anai García Fariñas<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Licenciada en Ciencias Farmacéuticas. Máster en Economía de la Salud. Profesora Asistente. Investigadora Agregada. Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. Ciudad de La Habana, Cuba.

---

#### **RESUMEN**

Brindar servicios de salud conlleva el uso de un cúmulo no despreciable de recursos, los cuales, una vez asignados a este fin, no pueden ser destinados al desarrollo de otras áreas de la economía, de ahí la necesidad de profundizar en la relación recursos empleados resultados alcanzados. Por ello, el objetivo de este artículo es actualizar los principales métodos y herramientas de medición de la eficiencia en el marco de los sistemas y servicios de salud. La eficiencia, en el contexto sanitario, exhibe una doble condición de fin y medio para lograr el perfeccionamiento de los servicios de salud. Ser eficiente implica lograr la mejor relación recursos resultados. Su medición se realiza mediante la cuantificación de los recursos, de los resultados y del establecimiento de la relación entre ellos, para posteriormente realizar una comparación con la realidad que se estudia. Pueden emplearse técnicas paramétricas y no paramétricas. En el contexto sanitario, donde es frecuente la presencia de múltiples insumos y productos resulta conveniente el empleo de técnicas no paramétricas como el análisis envolvente de datos, dado su flexibilidad y capacidad de manejar las particularidades productivas de las entidades.

*Palabras clave:* eficiencia, medición, análisis envolvente de datos, instituciones sanitarias.

---

#### **ABSTRACT**

To supply health services is related to the use of a many resources, which once assigned to this end, can not be intended to development of others economy areas, thus the need of deepen in relation between resources used and results achieved. The aim of present paper is to updates the main methods and measurement tools of efficiency within the structure of health systems and services. The efficiency related to health context, shows a double condition of aim and means to achieve the improvement of health services. To be efficient means to obtain a better relation between resources and results. Its measurement is performed by resources, results and the establishment quantification for to perform after a comparison with study reality. May be used parametric and no-parametric techniques. In health context, where it is frequent the presence of many reinvestments and products it is advisable the use of no-parametric techniques like the data envelopment analysis due to its flexibility and ability to handle the productive and special features of entities.

*Key words:* Efficiency, measurement, envolvente data analysis, health institutions.

---

## INTRODUCCIÓN

El logro de sistemas de salud eficientes constituye un tema pendiente tanto para los Estados como para las comunidades. Aún cuando fue este uno de los elementos más mencionados en el marco de las reformas de salud en Latinoamérica, todavía hoy se inserta frecuentemente en las agendas de discusiones económicas, políticas y de carácter social.

La eficiencia en el contexto sanitarios según *Palmer* y colaboradores<sup>1</sup> se define como la relación entre los resultados obtenidos en una actividad dada y los recursos utilizados, y donde los objetivos fijados se alcanzan sin desperdiciar los recursos. La Organización Panamericana de la Salud<sup>2</sup> ha planteado que un sistema de salud es eficiente cuando es capaz de brindar un producto sanitario aceptable para la sociedad con un uso mínimo de recursos. Sobre la base de estas definiciones pueden describirse, entonces, 2 referencias para mejorar la eficiencia: por una parte los beneficios no alcanzados y por la otra los recursos mal aprovechados.

Si al hablar de eficiencia en salud se hace referencia a alcanzar los mejores resultados con los limitados recursos disponibles; entonces se impone conocer las formas y los procesos técnicos necesarios para lograrla.

En lo que a salud respecta, Cuba ha sido reconocida a nivel mundial (desde el punto de vista macro económico)<sup>2,3</sup> como un país eficiente, en tanto ha logrado con relativamente pocos recursos, resultados similares a los de países de mayores ingresos. (*Gálvez AM*. El concepto de eficiencia en el contexto de la salud pública cubana. Maestría Economía de la Salud. Escuela Nacional de Salud Pública. Ciudad de La Habana, febrero 2002). Sin embargo, debe señalarse que los indicadores empleados en estos estudios no siempre reflejan la totalidad de los recursos destinados a la prestación de servicios de salud en Cuba, por lo que los resultados hasta ahora aportados pudieran, en alguna medida, estar sobrestimados. A ello se

adiciona que para la economía nacional el nivel relativo de recursos que se destinan a la prestación de servicios de salud no es despreciable.<sup>4</sup>

En Cuba, en los últimos 10 años se ha retomado con gran fuerza el concepto de eficiencia en todos los sectores de la economía. Hoy en día, en el marco de un proceso de recuperación económica, la tendencia al incremento en la asignación de recursos al sector salud se mantiene, con lo que se refuerza la importancia de velar por la eficiencia en este sector. Sin embargo, no existen suficientes evidencias acerca de la eficiencia que alcanzan las unidades sanitarias cubanas, debido a ello el conocimiento y la aplicación de técnicas de evaluación de la relación recursos-resultados resulta de singular importancia.

Este artículo tiene como propósito profundizar en las bases conceptuales, alcance y limitaciones de la técnica de estudio de la eficiencia en organizaciones: análisis envolvente de datos.

## **MÉTODOS EMPLEADOS PARA EL ESTUDIO DE LA EFICIENCIA**

En relación con la medición de la eficiencia de las organizaciones o entidades, debe señalarse que en los últimos 25 años se ha observado un progreso extraordinario a escala internacional.<sup>5</sup> Uno de los aspectos que más ha influido en el desarrollo de las herramientas de medición ha sido la perspectiva desde la que se ha abordado el estudio de la eficiencia. Cuando han predominado los intereses investigativos, los modelos de productividad se han dirigido fundamentalmente al estudio de la estructura y los determinantes del proceso de producción, que se ha abordado principalmente con herramientas paramétricas; sin embargo, cuando ha sido el interés de los gerentes o políticos el que ha primado, los métodos se han centrado más en la estimación de la eficiencia de cada una de las entidades, para lo cual ha sido de particular utilidad la investigación operacional.<sup>6</sup>

La eficiencia es inobservable en sí misma. Ella se mide indirectamente mediante fenómenos realmente observables como:

- a) Los recursos y los resultados (los cuales se miden a través de indicadores).
- b) La relación entre los recursos y los resultados (la cual puede definirse explícitamente o no).
- c) La diferencia entre el valor observado y el esperado.

En dependencia de cómo se plantee la relación entre recursos y resultados, los estudios de medida de eficiencia pueden clasificarse en análisis de frontera y no frontera.<sup>7</sup> El análisis no frontera se ha desarrollado en el marco conceptual de la gestión sanitaria y epidemiológica, y se focaliza en la obtención de indicadores parciales de determinadas dimensiones relevantes para los responsables políticos y gestores sanitarios (costes, productividad, calidad, etc.). El análisis frontera tiene su basamento en el análisis microeconómico estándar, y utiliza como herramientas la programación matemática y la econometría para construir de forma explícita una frontera de eficiencia.

Es de destacar el desarrollo alcanzado a nivel mundial en los análisis de frontera. A partir de estos se ha logrado proporcionar una medida global (determinada de

forma objetiva y numérica) del valor de la eficiencia de las entidades. Bajo este enfoque, para que una entidad (denominada generalmente unidad de toma de decisiones, UT D) sea eficiente, debe operar sobre la frontera de costos o de producción.

La frontera de producción se entiende como el nivel máximo de producción que se puede obtener para un nivel de recursos, mientras que la frontera de costos representa el costo mínimo factible para cada nivel de producción. La construcción de ambas fronteras se basa en la mejor práctica observada en la muestra de unidades de toma de decisiones que se analice.<sup>8</sup>

La construcción de las fronteras se puede abordar tanto con técnicas paramétricas como no paramétricas. (Puig-Junoy J, Matarrodono E. ¿Qué sabemos acerca de la eficiencia de las organizaciones sanitarias en España? Una revisión de la literatura económica. XX Jornadas de economía de la salud. Asociación de economía de la salud (AES), España. Palma de Mallorca, 3 al 5 de mayo del 2000).

El análisis de frontera proporciona una medida global (determinada de forma objetiva y numérica) del valor de la eficiencia que permite una ordenación de las organizaciones.

Para que una unidad de toma de decisiones sea eficiente, esta debe operar sobre la frontera de costos o de producción. La frontera de producción se entiende como el nivel máximo de producción que se puede obtener para un nivel de recursos. La frontera de costos representa el costo mínimo factible para cada nivel de producción. Para construir dichas fronteras de producción y costos, el análisis de frontera emplea la mejor práctica observada en la muestra de unidades de toma de decisiones que se analicen.

Para el establecimiento de dichas fronteras, mejor conocidas como *frontera de mejor práctica* se conocen múltiples métodos. Dentro del grupo de los paramétricos están la frontera estocástica (SFA), el enfoque distribución libre y el enfoque *thick frontier*. Dentro del grupo de los no paramétricos se encuentran: el análisis envolvente de datos (DEA) y el *free disposal hull*.

Varios han sido los estudios desarrollados sobre el empleo de diferentes técnicas y métodos para la evaluación de la eficiencia en unidades sanitarias, entre los que se destacan los estudios de los economistas de la salud españoles (Puig-Junoy, citado anteriormente) en el año 2000 y Pinillos<sup>9</sup> en el año 2002, las revisiones sistemáticas del tema del economista de la salud australiano Hollingsworth<sup>10,11</sup> del año 2003 y 2008. De manera general estos estudios reportaron que para el caso de las organizaciones sanitarias los métodos más empleados han sido el DEA seguido de la SFA.

### **Bases teóricas, ventajas y desventajas del DEA**

La referencia teórica del DEA está en el trabajo del economista Farrell y colaboradores de 1957,<sup>12</sup> donde se transforma una situación productiva en la que múltiples insumos generan múltiples productos en un único índice de eficiencia. Dicho índice se identifica con el valor que maximiza el cociente entre la suma ponderada de resultados y la suma ponderada de recursos de la entidad analizada.

En 1978 los investigadores Charnes y colaboradores,<sup>13</sup> publican el modelo matemático a partir del cual se ha desarrollado esta técnica, también llamada

análisis de frontera. En su momento la principal ventaja de esta propuesta fue haber dado la posibilidad de ser aplicada a organizaciones sin fines de lucro, como lo son las entidades públicas.

$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$ <p>sujeto a:</p> $\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$ $j = 1, \dots, n$	<p>Donde:</p> <p><b><math>h_o</math></b> : índice de eficiencia de la unidad observada <b><math>o</math></b></p> <p><b><math>s</math></b>: número de indicadores de resultados que se valoran</p> <p><b><math>m</math></b>: número de indicadores de recursos que se valoran</p> <p><b><math>u_r</math></b>: peso (positivo y desconocido) asociado al <b><math>r</math></b>-ésimo indicador de resultado</p> <p><b><math>y_{ro}</math></b>: cantidad (conocida y positiva) del <b><math>r</math></b>-ésimo indicador de resultado en la unidad observada <b><math>o</math></b></p> <p><b><math>v_i</math></b>: peso (positivo y desconocido) asociado al <b><math>i</math></b>-ésimo indicador de recurso</p> <p><b><math>x_{io}</math></b>: cantidad (conocida y positiva) del <b><math>i</math></b>-ésimo indicador de recurso en la unidad observada <b><math>o</math></b></p> <p><b><math>j</math></b>: cantidad de unidades productivas analizadas</p>
--	--

Para hacer más sencilla la comprensión del fundamento del DEA, se usará un ejemplo hipotético. Supongamos que se tienen 5 policlínicos y que de ellos se considerarán 2 indicadores de resultados (visitas domiciliarias y consultas en el policlínico) y 1 de recursos (total de médicos). ¿Cómo se pudieran comparar estas unidades y medir sus rendimientos a partir de estos datos?

En principio, la solución más comúnmente empleada sería el cálculo de proporciones. Generalmente se toma un indicador de resultado y se divide por uno de recurso.

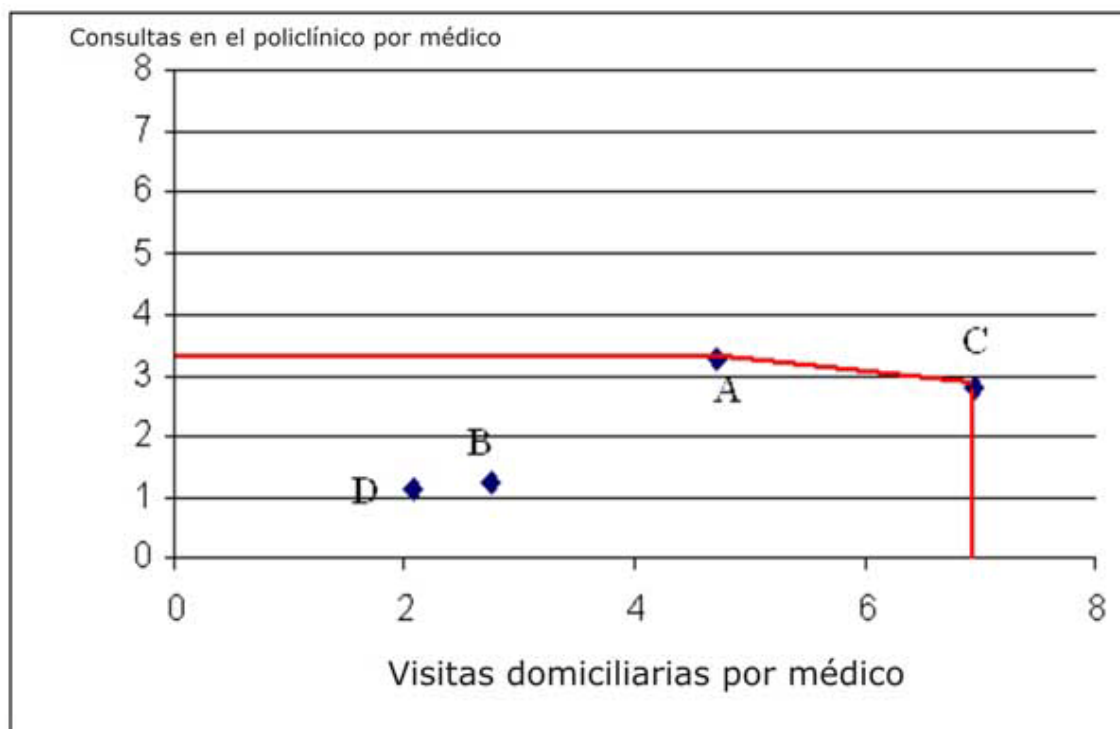
Los resultados de nuestro ejemplo se muestran a continuación:

Policlínicos	Visitas domiciliarias por médico	Consultas en el policlínico por médico
A	6,94	2,78
B	2,75	1,25
C	4,71	3,24
D	2,09	1,09

Puede observarse que el policlínico A tiene la mayor proporción de visitas

domiciliarias por médico, mientras que es el policlínico C es quien muestra la mayor proporción de consultas en el policlínico por médico. El resto de las unidades no alcanzan valores tan buenos como las anteriores, es decir, son relativamente menos eficientes cuando usan sus recursos (número de médicos) para obtener sus resultados (visitas domiciliarias y consultas en el policlínico).

Ahora bien, el problema de la comparación de varias proporciones es que se dificulta lograr una combinación de todas las proporciones en un único juicio numérico. Una vía de abordar este problema, al menos para el ejemplo que nos ocupa, es el análisis gráfico. La [figura 1](#) muestra la representación de ambas proporciones para cada uno de los policlínicos.



**Fig. 1.** Representación de ambas proporciones para cada uno de los policlínicos.

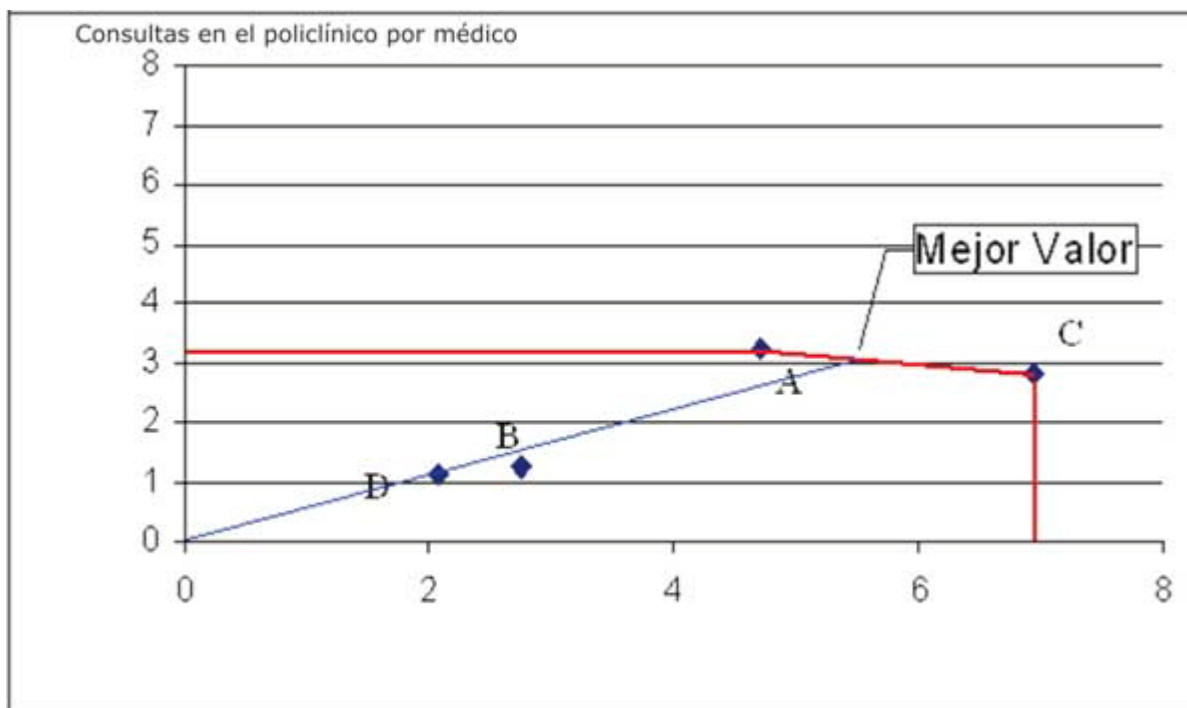
Las posiciones en la figura que representan a los policlínicos A y C demuestran el nivel superior de rendimiento de estos en relación con el resto. La línea dibujada desde el eje Y hasta la unidad A, de A a C y desde C hasta el eje X se denomina frontera de eficiencia, y matemáticamente es la región convexa envolvente de los datos. Puede observarse que la frontera de eficiencia se construye a partir de las unidades con mejor práctica dentro del grupo. Puede ahora, con estos elementos, entenderse el nombre dado a esta técnica, pues la frontera de eficiencia envuelve (encierra) todos los datos que se tienen.

Cualquier unidad situada en la frontera de eficiencia es 100 % eficiente, en este caso serían los policlínicos A y C. Debe diferenciarse entre esta expresión y asumir que estas unidades no podrían mejorar aun más su desempeño, lo que sí se puede entender es que con los datos que se tienen no se puede aseverar en cuánto pudiera mejorar.

En relación con los policlínicos ineficientes, pudiera medirse numéricamente la eficiencia de estas unidades mediante la expresión matemática: *(la distancia de la*

*línea desde el origen hasta la unidad a evaluar / distancia de la línea desde el origen hasta la frontera de eficiencia, pasando por la unidad a evaluar)\* 100.*

La [figura 2](#) muestra el ejemplo para el policlínico D. El punto etiquetado como "mejor valor" sobre la frontera de eficiencia se considera que representa el rendimiento mejor posible que razonablemente puede alcanzar esa unidad. Para llegar a este punto, la unidad tiene varias formas: A. Reducir los recursos mientras mantiene constante los resultados, B. Incrementar ambos resultados manteniendo los recursos actuales, C. Hacer alguna combinación de los casos anteriores.



**Fig. 2.** Ejemplo para el policlínico D.

Debe aclararse acerca del apropiado uso de las eficiencias relativas calculadas por esta técnica. Para el ejemplo antes visto, los resultados serían: policlínico A, 100 %; policlínico B, 43 %; policlínico C, 100 % y policlínico D, 36 %. Esto no significa automáticamente que el policlínico D es solo un tercio de lo eficiente que son los mejores. En este caso, los valores de eficiencia debe ser tratados asumiendo que existen otros policlínicos que tienen prácticas y procedimientos que se de ser asumidos por el policlínico D, permitirían que este último mejore su eficiencia.

El ejemplo empleado anteriormente es sencillo, pero en la vida práctica es muy probable encontrarse frente a situaciones donde existen más indicadores de recursos y de resultados, entonces el análisis mediante el método gráfico ya no es posible. Sin embargo, se puede desarrollar exactamente el mismo análisis utilizando expresiones matemáticas tal y como consta en el modelo general de la técnica antes mencionado.

El DEA puede clasificarse como un modelo determinístico de optimización matemática. En los modelos determinísticos, las buenas decisiones se basan en sus buenos resultados. Un modelo de optimización matemática consiste en una función objetivo y un conjunto de restricciones en la forma de un sistema de ecuaciones o

inecuaciones que representa determinados aspectos del sistema representado en el modelo. La optimización se refiere al proceso general de maximización o minimización, es decir, pretende dar respuesta a la pregunta: ¿qué valores deberían tener estas variables para que la expresión matemática dada tenga el mayor valor numérico posible (maximización) o el menor valor numérico posible (minimización)? Los problemas de optimización generalmente se clasifican en lineales y no lineales, según las relaciones del problema sean lineales con respecto a las variables. En caso de la técnica DEA, esta se basa en la resolución de un problema de programación lineal.

Desde el punto de vista estadístico, debe señalarse que el DEA es un método de puntos extremos, donde se compara cada unidad solamente con "el mejor" del grupo, y no como suele ocurrir con el empleo de las técnicas clásicas de la estadística, caracterizadas por el enfoque de la tendencia central y la valoración de las unidades con respecto a la unidad promedio.

El supuesto fundamental detrás de un método de punto extremo, es que si una entidad dada A es capaz de producir  $Y(A)$  unidades de productos con  $X(A)$  recursos, entonces otra unidad deben también poder hacer lo mismo si opera eficientemente. De manera similar, si una entidad dada B es capaz de producir  $Y(B)$  unidades de productos con  $X(B)$  recursos, entonces otra unidad también debe ser capaz del mismo programa de producción. Las entidades A, B y otras, pueden ser combinadas entonces para constituir una unidad compuesta con recursos compuestos y productos compuestos. Debido a que esta unidad compuesta no necesariamente tiene que existir, es frecuentemente denominada entidad virtual. De aquí que el corazón del DEA está unido con hecho de encontrar la "mejor" unidad virtual para cada unidad real. Si la unidad virtual es mejor que la real, bien porque logra mayores niveles de productos con iguales recursos o por que logra el mismo nivel de productos con menos recursos, entonces se puede decir que la unidad real que se evalúa es ineficiente.

Internacionalmente el DEA ha sido reconocida como una herramienta poderosa cuando se utiliza sabiamente, y entre las características a destacar están: 1. El DEA puede manejar modelos de múltiples insumos o recursos y múltiples productos, 2. La técnica no requiere de asumir una forma específica de relación funcional entre los recursos y los resultados, 3. Las unidades que se evalúan se comparan directamente con una unidad semejante o con una combinación unidades semejantes, y 4. Los recursos y los resultados puede ser medidos en diferentes unidades entre sí.

No obstante, estas propias características que hacen del DEA una técnica poderosa, pueden crear dificultades y el investigador debe tener presente ciertos elementos al momento de decidir usarla. Por ejemplo, al ser esta una técnica de puntos extremos, el ruido (incluso el ruido simétrico con media cero) como medida del error, puede causar problemas significativos. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el DEA es un buen método para estimar eficiencia "relativa", pero esta converge muy lentamente hacia la eficiencia "absoluta". Es decir, que con esta técnica se puede decir cuán bien una unidad está trabajado comparada con su referencia, pero no contra un "máximo teórico". Otro inconveniente señalado, al usar esta técnica, es que debido a que es una técnica no paramétrica, la aplicación de *tests* de prueba de hipótesis estadísticos se dificulta. Como en la formulación usual del DEA se crea un programa lineal distinto para cada unidad de análisis, los problemas grandes pueden ser computacionalmente intensivos.



## Consideraciones finales

El abordaje de la eficiencia implica establecer, dada una referencia, el grado de relación entre la producción de uno o más resultados y el o los recursos que se consumen para ello. El análisis envolvente de datos se presenta como una herramienta útil para el estudio de los niveles de eficiencia relativa de las unidades del SNS. Poder diferenciar las organizaciones que obtienen una mejor relación recursos-resultados de aquellas que obtienen niveles por debajo de sus posibilidades, contribuirá a la identificación de las mejores y peores prácticas y con ello, se podrá aportar información útil para el diseño de políticas sanitarias que promuevan mayores niveles de eficiencia en el SNS cubano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Palmer S, Torgerson DJ. Definitions of efficiency. *BMJ* 1999; 318:1136.
2. Cosme J, Cárdenas J, Miyar R. Economía y salud conceptos, retos y estrategias. OPS/OMS Serie Desarrollo de la Representación OPS/OMS Cuba No. 22; 1999.
3. Gálvez A.M. Economía de la salud en el contexto de la salud pública cubana. *Rev Cubana Salud Pública* 2003; 29 [citado 14 Marzo 2008]. Disponible en: URL: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662003000400011&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662003000400011&lng=es&nrm=iso)
4. Rojas F. Situación, sistema y recursos humanos en salud para el desarrollo en Cuba. *Rev Cubana Salud Pública* 2003;29:157-69.
5. Smith PC, Street A. Measuring the efficiency of public services: The limits of analysis. *J R Statist Soc A* 2005;168(2):401-17.
6. Jacobs R, Smith PC, Street A. Measuring efficiency in health care. *Analytic techniques and health policy*. United Kingdom: Cambridge University Press; 2006. p. 1-13.
7. Martín Puerto M, López del Amo González M. La medida de la eficiencia en las organizaciones sanitarias. *Presupuesto y Gasto Público* 2007;49:139-61.
8. Avkiran NK. Productivity analysis in the service sector with Data Envelopment Analysis. 2 ed. Australia University of Queensland; 2002. p. 27-36.
9. Pinillos M, Antoñanzas F. La atención primaria de salud: descentralización y eficiencia. *Gac Sanit* 2002;16(5):401-7.
10. Hollingsworth B. Non-parametric and parametric applications measuring efficiency in health care. *Health Care Management Science* 2003;6:203-18.
11. Hollingsworth B. The measurement of efficiency and productivity of health care delivery. *Health Econ* 2008; 17(10): 1107-28.
12. Farrell MJ. The measurement of productive efficiency. *Journal Royal Statistical Society. Series A (General) Part 3*. 1957;120:252-90.

13. Charnes A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. *European J Oper Res* 1978; 2: 429-44.

Recibido: 27 de agosto del 2009.

Aprobado: 15 de septiembre del 2009.

MSc. *Anaí García Fariñas*. Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. 222 y Autopista, Playa. Ciudad de La Habana. Cuba. e-mail: [alastor@infomed.sld.cu](mailto:alastor@infomed.sld.cu)