

EFICIENCIA PRODUCTIVA: UN ESTUDIO APLICADO AL SECTOR HOSPITALARIO*

Eduardo LEY

Universidad de Michigan

Técnicas de programación lineal son utilizadas para obtener medidas individuales de la eficiencia productiva de distintos hospitales recogidos en las encuestas de establecimientos sanitarios del INE. Los hospitales de dependencia privada aparecen más eficientes que los de dependencia pública. Sin embargo, en algunas categorías clave, la ineficiencia, cuando existe, es relativamente más intensa en los establecimientos privados que en los públicos. Por el contrario, no se aprecia ningún impacto negativo de las actividades docentes sobre el uso de los recursos. Finalmente, se presentan estimaciones de los potenciales ahorros de inputs e incrementos de outputs que podrían obtenerse si los hospitales ineficientes utilizaran los planes de producción de los establecimientos eficientes.

1. Introducción

En este trabajo evaluamos la eficiencia productiva de establecimientos sanitarios españoles recogidos en las encuestas del INE¹ utilizando técnicas de Análisis de Envolvimiento de los Datos². Estas técnicas son simples de aplicar y muy útiles para analizar la eficiencia de unidades de producción, especialmente cuando el objetivo de las mismas no es necesariamente la maximización del beneficio económico. Otros trabajos que han aplicado métodos similares a hospitales son Sherman (1984); Banker, Conrad y Strauss (1986); y Groskopf y Valdmanis (1987).

La medición de la eficiencia relativa de distintas unidades de producción se convierte en una tarea muy compleja cuando el producto final no puede medirse con facilidad. Idealmente, el producto u objetivo final de un sistema sanitario ha de ser la mejora de la condición sanitaria de la población³. En la práctica, no sólo es difícil medir tal mejora, sino que lo que hace nuestro

* Gracias a Carlos Escribano por proporcionarme los datos, despertar el interés de este trabajo y por sus útiles discusiones. El autor agradece la ayuda financiera recibida del Banco de España, a través de una Beca de Ampliación de Estudios en el Extranjero.

¹ *Estadística de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado*, Encuesta Anual, Madrid, INE.

² *Data Envelopment Analysis* en inglés; véase Charnes Cooper y Rhodes (1978), y Banker, Charnes y Cooper (1984).

³ Ver Torrance (1976), Williams (1981) y especialmente Rosser (1983) para una discusión sobre los problemas que la medición del estatus sanitario presenta. Rosser y Watts (1972) presentan un estudio de la producción de un hospital concreto durante un mes.

objetivo más arduo es que es apenas imposible medir la participación específica de cada hospital o establecimiento sanitario en el producto final agregado. Por ello, en este trabajo el primer compromiso será el sustituir el producto final —esto es, la mejora del estatus sanitario— por un conjunto de productos intermedios: servicios sanitarios. El supuesto implícito es que estos productos intermedios entran como *inputs* en una función de producción cuyo producto final es la mejora de la salud de la población pertinente. Evaluaremos la eficiencia relativa de distintos establecimientos sanitarios en la producción de estos servicios, sin entrar en la discusión de como finalmente se transforman en mejoras de salubridad.

Eficiencia es una palabra muy popular en economía, pocos términos se utilizan con mayor frecuencia en la jerga profesional de los economistas. De acuerdo con el diccionario, eficiencia viene a ser la facultad de lograr un efecto deseado. En física, eficiencia o, más comúnmente, rendimiento es el ratio del trabajo útil a la energía utilizada. La misma idea general se asocia con el término en un contexto de producción, basta con sustituir ‘trabajo útil’ por *outputs* y ‘energía’ por *inputs*. Eficiencia significa el uso de los recursos disponibles de la manera más adecuada para obtener el máximo beneficio o producto. Una actividad productiva es ineficiente si es posible reducir la cantidad utilizada de algún *input* sin menoscabo del producto obtenido o si es posible aumentar la producción sin utilizar mayores cantidades de los *inputs*. Ineficiencia implica, pues, despilfarro y malgasto. La ineficiencia productiva es costosa no sólo para la unidad productiva implicada, sino también para el resto de la economía. Es por ello que el estudio y la medición de posibles ineficiencias presentes en una industria en general, y en el sector sanitario en particular, tiene un gran interés.

Siguiendo a Färe, Grosskopf y Lovell (1985), distinguiremos tres tipos de eficiencia productiva: técnica, estructural y relativa a la asignación de recursos. Un productor es técnicamente eficiente si la producción se realiza en la frontera del conjunto de posibilidades de producción. La eficiencia estructural⁴ se obtiene cuando un productor técnicamente eficiente opera en una zona no congestionada de la frontera del conjunto de posibilidades de producción. La ineficiencia estructural solamente puede ocurrir si no existe disponibilidad gratuita de un subvector de factores y productos. Por último, una unidad productiva técnica y estructuralmente eficiente alcanza eficiencia asignativa cuando obtiene su objetivo de comportamiento —esto es, la asignación de recursos es la óptima para la maximización del beneficio, la minimización del coste sujeto a la producción de cierta cantidad mínima de producto, la maximización del (valor del) producto sometido a una restricción presupuestaria, etc. Este tipo de eficiencia depende, pues, por un lado, de los precios de los factores y productos y, por otro, de los objetivos específicos de la unidad productiva. En el Gráfico 1 ilustramos estos conceptos.

⁴ Farrell (1957) utiliza el término eficiencia estructural —en otro sentido distinto— para reflejar en que medida las empresas de una industria operan de manera próxima a las empresas más eficientes de tal industria.

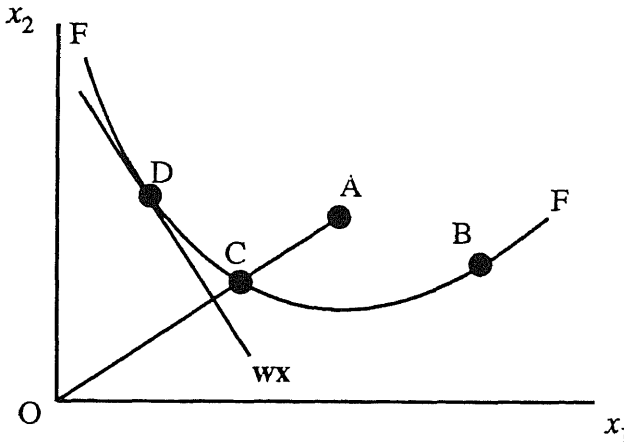


Gráfico 1
Ejemplos de distintos tipos de ineficiencia

Supongamos que las combinaciones A , B , C y D producen la misma cantidad de *output*, \bar{y} . A es técnicamente ineficiente pues no está en la frontera FF del conjunto de combinaciones de x_1 y x_2 capaces de producir \bar{y} , B es técnicamente eficiente pero se halla en una zona congestionada de tal frontera, de modo que es estructuralmente ineficiente. C es técnica y estructuralmente eficiente pero, si el objetivo de la empresa es la minimización de costes y los precios de los factores determinan una línea isocoste tal que wx , no es la combinación de factores óptima para conseguir tal objetivo. La combinación D goza de los tres tipos de eficiencia. En este trabajo nos concentraremos en investigar el primer tipo de eficiencia descrito: eficiencia técnica. Supondremos que existe disponibilidad libre de factores de modo que la ineficiencia estructural queda descartada. No disponemos de los datos necesarios —precios— para atacar el problema de la eficiencia relativa a la asignación de recursos y tampoco los objetivos de comportamiento de distintas empresas hospitalarias están bien definidos⁵. Un hospital será tachado de ineficiente si hubiera sido posible producir la misma cantidad y calidad de los *outputs* con menos recursos o si mayor producto hubiera sido posible con los mismos recursos.

Dado que desconocemos la tecnología subyacente, el primer paso consiste en construir una tecnología de referencia. Con relación a esta tecnología de referencia, mediremos la eficiencia de las unidades productivas —establecimientos sanitarios—. Esto es, las medidas de eficiencia obtenidas son relativas al conjunto de actividades observadas. El problema principal es hacer inferencias sobre la verdadera tecnología para poder concluir si hay observaciones

⁵ Véase Cullis y West (1979, pp. 115-143) para una lúcida discusión sobre la naturaleza de la empresa hospitalaria y sus objetivos. También Feldstein (1983, pp. 213-224) ofrece una interesante introducción a este tema.

operando dentro de la frontera de posibilidades de producción en lugar de estar situadas en la frontera. Førsund, Lovell y Schmidt (1980) y Lovell y Schmidt (1988) describen los diferentes métodos desarrollados para estimar fronteras de producción y su relación con la medición de la eficiencia productiva. Estos métodos pueden clasificarse en

- métodos de programación lineal:
 - a) no paramétricos,
 - b) paramétricos;
- métodos estadísticos:
 - c) frontera determinística,
 - d) frontera estocástica.

Los métodos en *a)* utilizan técnicas de programación lineal para construir la frontera de producción más pequeña compatible con los datos y los axiomas de la teoría económica. Este es el único método que no postula una forma paramétrica para la frontera de producción. Los demás métodos empiezan asumiendo una forma específica para la función de producción y utilizan distintas técnicas para su estimación —la diferencia entre *c)* y *d)* radica en que en *d)* la frontera misma incluye componentes estocásticos. El problema fundamental con estos métodos, es que tal forma paramétrica es un supuesto que se hace *a priori* y que no puede ser contrastado con los datos— es un acto de fe. Cualquier inferencia derivada del modelo está condicionada a la validez de tal supuesto. En este trabajo utilizaremos técnicas clasificadas en *a)* por su capacidad para acomodar múltiples *outputs* y por su carácter no paramétrico. Una revisión de los trabajos que han utilizado los métodos estadísticos en *c)* y *d)* en la literatura británica puede encontrarse en Wagstaff (1989), véase Banker, Conrad y Strauss (1986) para una comparación entre estos métodos y los empleados en este trabajo, que pasamos a describir en el siguiente apartado.

2. Medición de la eficiencia relativa: análisis de envolvimento de los datos

Cada productor $t = 1, \dots, T$, utiliza los n *inputs* $x_t = (x_{t1}, \dots, x_{tn})$ para producir los m *outputs* $y_t = (y_{t1}, \dots, y_{tm})$. Definamos las matrices X e Y , de dimensiones $(T \times n)$ y $(T \times m)$, respectivamente, como

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{T1} & x_{T2} & \cdots & x_{Tn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_T \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{T1} & y_{T2} & \cdots & y_{Tm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_T \end{pmatrix}.$$

Las propiedades de la tecnología quedan recogidas por la correspondencia $y \mapsto L(y) \subseteq R_+^n$ que asigna a cada vector de productos y el conjunto $L(y)$ de

todos los vectores de factores que pueden producir al menos y . Supondremos que la correspondencia $y \mapsto L(y)$ satisface los siguientes axiomas:⁶

- [A1] Posibilidad de producir cero: $L(0) = R_+^m$.
- [A2] Ausencia de producción gratuita: $0 \notin L(y)$ para $y \geq 0$.
- [A3] Imposibilidad de producir *outputs* infinitos con *inputs* finitos: Si $\|y_t\| \rightarrow \infty$, entonces $\bigcap_{t=1}^{\infty} L(y_t) = \emptyset$.
- [A4] Continuidad: La correspondencia $y \mapsto L(y)$ es cerrada.
- [A5] Convexidad: Dados $(x_t, y_t)_{t=1}^T$ tal que $x_t \in L(y_t) \forall t$; y $\lambda_t \geq 0 \forall t$ tal que $\sum_{t=1}^T \lambda_t = 1$; se cumple que $\sum_{t=1}^T \lambda_t x_t \in L(\sum_{t=1}^T \lambda_t y_t)$.
- [A6] Disponibilidad débil de *inputs*: Si $x \in L(y)$, entonces $\lambda x \in L(y)$ para $\lambda \geq 1$.
- [A7] Disponibilidad débil de *outputs*: $L(\lambda y) \subseteq L(y)$ para $\lambda \geq 1$.

Los axiomas [A6] y [A7] pueden ser intercambiados por versiones más estrictas:

- [A6'] Disponibilidad fuerte de *inputs*: Si $x' \geq x \in L(y)$, entonces $x' \in L(y)$.
- [A7'] Disponibilidad fuerte de *outputs*: Si $y' \geq y$, entonces $L(y') \subset L(y)$.

El conjunto de posibilidades de producción observado puede caracterizarse, pues, a través del conjunto de requerimientos de factores derivado de las observaciones. Para cada observación $y_t \in R_+^n$ podemos calcular

$$\hat{L}(y_t) = \left\{ x \in R_+^m : x \geq \lambda X; y_t \leq \lambda Y; \lambda \in R_+^T; \sum_{t=1}^T \lambda_t = 1 \right\},$$

donde λ es un vector de intensidades que forma combinaciones convexas de los vectores observados de *inputs* y *outputs*. El conjunto

$$\hat{T} = \{(x, y_t) : x \in \hat{L}(y_t) \text{ para algún } t\}$$

es el conjunto más pequeño consistente con los datos observados y los axiomas [A1] – [A5], [A6'] y [A7']; a veces se le denomina clausura clásica y está relacionado con el análisis de actividades de von Neumann (1937)⁷ extendido por Koopmans (1951). Con relación a esta tecnología⁸, extendiendo la medida de eficiencia de Farrell (1957) a múltiples *outputs*, la eficiencia técnica de cada observación se define como

$$\hat{E}(y_o, x_o) \equiv \min \{\theta : \theta x_o \in \hat{L}(y_o)\}.$$

⁶ Ver Shephard (1970) para una discusión de los axiomas que la correspondencia $y \mapsto L(y)$ ha de satisfacer para representar una tecnología de producción.

⁷ Traducido al inglés en von Neumann (1945).

⁸ Tal como está definida, esta tecnología está caracterizada por (i) disponibilidad fuerte tanto de factores como productos y (ii) rendimientos de escala sin restringir. Relajando la restricción sobre el vector de intensidades a $\sum \lambda_t \leq 1$ impone rendimientos a escala no crecientes, mientras que su eliminación da lugar a rendimientos constantes a escala. Asimismo, el supuesto de disponibilidad fuerte puede sustituirse por disponibilidad débil sustituyendo las demás restricciones por $\mu x_o = \lambda X$, $y y_o = \eta \lambda Y$, con $\mu, \eta \in (0, 1]$.

Esto es, dado un plan (y_s, x_s) observado nos preguntamos si existe otro plan factible (posiblemente una combinación de actividades observadas) que produzca no menos *output* utilizando θx_s como *inputs*. El valor mínimo de θ mide la máxima contracción radial posible en el vector de *inputs* sin perjuicio del nivel de *output*. Es condición necesaria de eficiencia que $\theta^* = 1$.

Por ejemplo, en el Gráfico 1, la eficiencia técnica de la observación A viene dada por $OC/OA < 1$. En la práctica, esta medida se computa resolviendo el programa lineal:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \quad & \theta_s \\ \text{s.a.} \quad & \theta_s x_s \geq \lambda X \\ & y_s \leq \lambda Y \\ & \lambda \in R_+^T \\ & \sum_{i=1}^T \lambda_i = 1 \end{aligned} \quad [1]$$

cuya solución satisface $\theta_s^* = \hat{E}(y_s, x_s)$, y muestra en que grado cada empresa (observación) podría reducir (radialmente) las cantidades de factores utilizadas sin merma alguna en las cantidades de los *outputs* producidos. Nótese que han de resolverse T programas de optimización —uno para cada observación— frente a una sola optimización —maximización de una función de verosimilitud o minimización de una función de los residuos— en los métodos estadísticos de $c)$ y $d)$.

La frontera débilmente eficiente (isocanta) de $\hat{L}(y)$ viene caracterizada por

$$\begin{aligned} \widehat{FrL}(y) &= \{x : x \in L(y), \theta x \notin L(y), \theta \in [0, 1]\} \\ &= \{x : \hat{E}(y, x) = 1\}, \end{aligned}$$

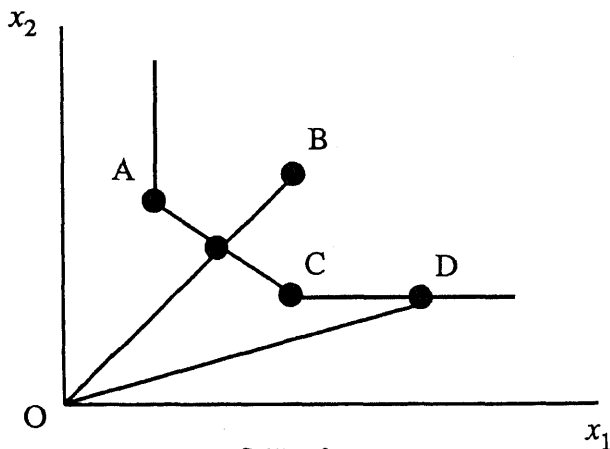


Gráfico 2
Frontera débilmente eficiente

mientras que la frontera eficiente se define como

$$\widehat{Efl}(y) = \{x : \hat{E}(y, x) = 1; (\bar{x} \leq x, \bar{x} \neq x) \Leftrightarrow \bar{x} \notin \widehat{FrL}(y)\}.$$

Obviamente, $\widehat{Efl}(y) \subseteq \widehat{FrL}(y)$; pero $x \in \widehat{FrL}(y) \nRightarrow x \in \widehat{Efl}(y)$ ya que podemos encontrarnos en una zona no decreciente de la isocuanta —por ejemplo, ambos conjuntos coinciden para una tecnología Cobb-Douglas mientras que para una tecnología Leontief sólo el vértice de la isocuanta pertenece a la frontera eficiente. Esto es, las observaciones que pertenecen a $\widehat{FrL}(y)$ pero no a $\widehat{Efl}(y)$ han de tener variables de holgura distintas de cero (positivas) en algunas de las soluciones del programa [1]. En el Gráfico 2 tenemos cuatro combinaciones de *inputs* —*A*, *B*, *C* y *D*— produciendo la misma cantidad de *output*, \bar{y} . Las combinaciones *A*, *C* y *D* pertenecen a $\widehat{FrL}(\bar{y})$, mientras que sólo *A* y *C* pertenecen a $\widehat{Efl}(\bar{y})$.

Para identificar observaciones como la *D* en el Gráfico 2, es conveniente sustituir el programa lineal [1] por el programa

$$\begin{aligned} \eta_s^* &\equiv \min_{\theta_s, \lambda, h} \theta_s - \epsilon(1_n h_x + 1_m h_y) \\ \text{s.a. } &\theta_s x_s - h_x = \lambda X \\ &y_s + h_y = \lambda Y \\ &\lambda, h_x, h_y \geq 0 \\ &\sum_{i=1}^I \lambda_i = 1 \end{aligned} \tag{2}$$

Donde h_x y h_y son los vectores (columna) de las variables de holgura en las restricciones referentes a x e y , respectivamente; 1_p es un vector (fila) de p unos; y ϵ es un infinitésimo no-arquímedeo. La idea detrás de esta formulación es maximizar la suma de las variables de holgura, $1_n h_x + 1_m h_y$, entre aquellas soluciones que minimizan θ_s . Al multiplicar esta suma por un ϵ suficientemente pequeño como para no alterar el valor óptimo de θ_s , se le asigna una prioridad menor a la maximización de las variables de holgura frente a la minimización de θ_s .

Solamente cuando $\theta_s^* = 1$, al tiempo que $h_x^* = 0$ y $h_y^* = 0$ podremos tener $\eta_s^* = 1$ —esto es, la empresa ha de estar operando en la frontera eficiente. Esta es una medida relativa a la demás observaciones en la muestra. La observación s obtendrá $\eta_s^* = 1$ si la comparación con las demás observaciones no presenta evidencia de que:

[1] pueda aumentarse ninguno de sus *outputs* sin que

- a) haya de incrementar el uso de alguno de sus *inputs*, o
- b) haya que reducir la cantidad producida de alguno de sus otros *outputs*;

ni de que:

[2] pueda reducirse ninguno de sus *inputs* sin que

- a) haya de incrementar el uso de alguno de sus otros *inputs*, o
- b) haya que reducir la cantidad producida de alguno de sus otros *outputs*;

De este modo, ésta es una medida conservadora de eficiencia siendo generosa con observaciones ineficientes que no son reveladas como tales por el resto de la muestra.

El programa dual a [2] viene dado por

$$\begin{aligned} \max_{u,v} \quad & y'u - u_s \\ \text{s.a.} \quad & x_iv = \mathbf{1} \\ & Yu - \mathbf{1}'_T u_s \leq Xv \\ & u_i, v_j \leq \epsilon > 0 \quad \forall i, j \end{aligned} \quad [3]$$

donde $u = (u_1, \dots, u_m)'$, y $v = (v_1, \dots, v_n)'$. El interés del programa dual [3] radica en que, por un lado, el signo del valor óptimo de u_s —que es la variable dual de la restricción $\sum \lambda_i = 1$ — sirve para descubrir la existencia de rendimientos locales a escala decrecientes, constantes o crecientes; y, por otro, los ratios de las variables u_i y v_j proporcionan estimaciones de las tasas marginales de transformación de *outputs*, las tasas marginales de sustitución de *inputs* y las productividades marginales —véase Banker, Charnes y Cooper (1984)—.

Por último, podemos, para cada empresa ineficiente, ajustar su plan de producción observado a un plan eficiente basado en actividades eficientes de otras empresas —precisamente aquellas que entran en la base de la solución a [2] vía elementos distintos de cero en el vector de intensidades óptimo, λ^* . Si $(\theta_t^*, \lambda^*, h^*)$ es una solución factible al programa (2) para (y_t, x_t) , nótese que $\theta_t^{**} = 1, \lambda^{**} = \lambda^*$ y $h^{**} = 0$ es también una solución para $(y_t^*, x_t^*) = (y_t + h_x^*, \theta_t^* x_t - h_x^*)$. De modo que (y_t^*, x_t^*) puede interpretarse como las cantidades de *inputs* y *outputs* que deberíamos observar en la empresa t si ésta operase, al menos, tan eficientemente como las empresas (implícitamente) seleccionadas por λ^* . Así, la proyección

$$(y_t, x_t) \mapsto (y_t + h_x^*, \theta_t^* x_t - h_x^*) \quad [4]$$

asigna un plan eficiente a cada vector *input-output* dado. La diferencia entre ambos planes permite estimar potenciales incrementos en producto y ahorros en *inputs* como resultado de ajustar los planes de las empresas ineficientes.

3. Análisis

Los hospitales utilizados en este estudio fueron obtenidos de la muestra del año 1984 de la *Encuesta de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado* realizada conjuntamente por el INE y el Ministerio de Sanidad y Consumo⁹. Con el objeto de trabajar con una muestra relativamente homogénea, fueron seleccionados aquellos hospitales que satisficieron los siguientes criterios:

⁹ Los datos utilizados en este trabajo —así como también las encuestas completas de los años 1983, 1984 y 1985— pueden ser obtenidos directamente del autor en diskette (Mac o MSDOS). Para obtener los datos, contactar al autor bien por correo electrónico: user6hev@umichub.bimnet, o por correo lentitrónico: Eduardo Ley, Economics Dept., University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109, EEUU.

1. finalidad: hospitales generales;
2. capacidad: entre 70 y 700 camas en funcionamiento;
3. al menos 5 médicos internos en plantilla trabajando más de 36 horas semanales.

Quedaron seleccionados 139 hospitales de los cuales 72,7 % dependen de organismos públicos —53,2 % de la Administración Central, 17,3 % de la Administración Local y 2,2 % de las CC.AA— y 27,3 % de organismos privados —Cruz Roja 3,6 %, Iglesia 2,9 %, benéfico-privados 7,2 % y particulares 13,7 %. Aproximadamente el 50 % de los pacientes de los hospitales privados son pacientes de la Seguridad Social en régimen concertado, un 35 % son pacientes de mutuas y agencias aseguradoras privadas y un 14 % de los pacientes pagan ellos mismos sus propias facturas. Los hospitales de la muestra suman 43.293 camas —algo más del 20 % del total de camas en España en 1984— y totalizaron 214 billones de pesetas en gastos corrientes en 1984.

3.1. *Inputs y Outputs*

Estadísticos de las variables utilizadas como *inputs* y *outputs* son presentados en el Cuadro 1. Cabe destacar que los resultados del análisis no dependen de las unidades de medida utilizadas. Las seis primeras variables fueron utilizadas como *inputs* y las catorce restantes como *outputs*, la descripción de las mismas se presenta a continuación.

La encuesta clasifica al personal en tres grupos: contratado con el hospital con más de 36 horas semanales, contratado con el hospital con menos de 36 horas semanales y colaboradores habituales. Estos grupos fueron ponderados por 1, 1/2 y 1/3 a la hora de computar las cuatro variables de trabajo utilizadas como *inputs*. MEDICOS incluye todos los médicos vinculados con el hospital: internos, cirujanos, ginecólogos, obstétricas, pediatras, psiquiatras, dependientes de servicios centrales y de guardia, además de los MIR y estudiantes de medicina —ponderados por 1/4 y 1/5 respectivamente. ATSYDE agrupa ayudantes técnico-sanitarios, diplomados en enfermería, fisioterapeutas, matronas y otros titulados de grado medio, estudiantes de enfermería se incluyen ponderados por 1/5. OTROPER incluye otro personal tal que personal de limpieza, mantenimiento, lavandería, cocina y personal no cualificado. Las compras (en millones de pesetas) de bienes fungibles de consumo —incluyendo fármacos, material sanitario, instrumental y pequeño utillaje, comestibles, ropería, etc.— quedan recogidas en COMPRAS. Las camas en funcionamiento se recogen en CAMAS que es una variable *proxy* de *inputs* de capital.

Para cada tipo de asistencia —MEDICINA: medicina general; CIRUGIA: cirugía; GINEOBS: ginecología y obstetricia; PEDIATRIA: pediatría; INTENSIV: cuidados intensivos, quemados e intensivos neonatales— dos medidas de *output* fueron utilizadas: 1) estancias causadas¹⁰ y 2) altas por mejoría.

¹⁰ Se entiende por estancia causada el conjunto de pernocta y el tiempo que correspondería al suministro de una comida principal (almuerzo o cena).

CUADRO 1
Estadísticos de los *inputs* y *outputs* ($T = 139$)

Variables	Cuantiles					Media	Desv. Tip.
	Mínimo	25 %	Mediana	75 %	Máximo		
MEDICOS	18	46	73	114	449	94	70
ATSYDE	6	67	144	279	695	182	138
SGDGRADO	32	107	187	308	674	219	136
OTROPER	8	73	139	207	618	161	119
COMPRAS	25	114	206	369	984	270	201
CAMAS	73	189	289	405	668	312	153
MEDICINA 1	1.072	15.989	23.348	37.435	103.884	28.332	17.276
MEDICINA 2	12	1.135	1.728	2.470	8.083	1.995	1.354
CIRUGIA 1	0	19.343	34.126	56.722	88.758	38.436	22.740
CIRUGIA 2	0	1.726	2.820	4.431	8.076	3.089	1.715
GINEOBS 1	0	3.181	6.509	14.771	42.798	10.123	9.584
GINEOBS 2	0	433	1.241	2.815	7.819	1.862	1.776
PEDIATR 1	0	737	4.908	9.349	35.093	6.730	7.121
PEDIATR 2	0	137	721	1.357	4.411	894	887
OUTOTROS	0	0	0	11	34.812	2.228	6.406
INTENSIV 1	0	0	1.528	2.653	10.201	1.785	1.823
INTENSIV 2	0	0	40	168	761	104	147
URGENCIA	0	5.358	16.286	30.734	100.265	21.076	19.409
QUIRURG	0	2.173	3.702	5.526	13.664	4.274	2.698
RNACIDOS	0	194	763	1.785	5.043	1.134	1.197

Mientras que el número de altas pretende recoger servicios médicos, las estancias causadas son una medida de la dimensión de servicios hoteleros que los hospitales también prestan. OUTOTROS incluye estancias causadas en psiquiatría, tuberculosis y larga estancia. Otros *inputs* empleados son URGENCIA: el total de urgencias; QUIRURG: total de actos quirúrgicos realizados y RNACIDOS: número de recién nacidos.

3.2. Resultados

Suponiendo disponibilidad fuerte tanto de *outputs* como de *inputs*, así como rendimientos constantes a escala —esto es, resolviendo el programa [2] excepto por la restricción $\sum \lambda_t = 1$, que es eliminada— obtuvimos medidas individuales de eficiencia, η_i^* , para cada uno de los hospitales de la muestra, $t = 1, \dots, 139$. Un ejemplo de la información obtenida para cada hospital aparece comentada en el apéndice.

De los 139 hospitales, 43 (31 %) presentan algún tipo de ineficiencia. Combinando las actividades de (algunos de) los restantes 96 hospitales eficientes sería posible conseguir aumentos en los *outputs* o ahorros en los *inputs* de estos 43 hospitales ineficientes. La distribución de las medidas de eficiencia de

estos hospitales se recoge en el gráfico tronco-hoja¹¹ del Gráfico 3. Nótese que la mitad de los hospitales ineficientes tienen un grado de eficiencia superior al 90 % mientras que el resto son más seriamente ineficientes. Básicamente, un valor de η_i de 0,9 significa que, al menos, es posible reducir las cantidades utilizadas de todos los *inputs* en un 10 % sin afectar el nivel de *output* —por otro lado, la presencia de variables de holgura positivas pueden permitir otros ahorros de *inputs* e incrementos de *outputs* adicionales.

TRONCO	HOJA	N
0,9	556888899	9
0,9	000111122333	12
0,8	556999	6
0,8	00022333444	11
0,7	77	2
0,7	2	1
0,6	5	1
0,6		
0,5		
0,5		
0,4		
0,4	4	1

Gráfico 3
Gráfico tronco-hoja de η_i : Hospitales ineficientes

Se contrastaron las hipótesis de que la distribución de η_i difiere según [1] la dependencia pública o privada del hospital y [2] la presencia de actividades docentes. Mientras que la dependencia no pública no es sinónimo de instituciones con ánimo de lucro —aproximadamente la mitad ellos dependen de la Cruz Roja, Iglesia y beneficencia, mientras que la otra mitad dependen de ‘particulares’— si implica distinta organización institucional y ello puede dar lugar a una mayor o menor economía en la utilización de los recursos. Por otro lado, ya que una parte de la educación médica se lleva a cabo en el ámbito hospitalario, es de interés investigar si ésta tiene algún efecto negativo sobre los costes mediante un mayor uso de recursos.

Se utilizó el test de Mann-Whitney que es un contraste no paramétrico basado en los rangos de las muestras individuales y conjuntas; véase Siegel (1959). Por basarse en los rangos, este test es robusto frente a observaciones extremas —como el valor de 0,44 correspondiente a un pequeño hospital público no docente. Los resultados de ambos contrastes se presentan en el Cuadro 2. Bajo la hipótesis de que ambas sub-muestras han sido generadas por la misma densidad, Z se distribuye asintóticamente como una normal estándar,

¹¹ Un gráfico tronco-hoja es un histograma con información adicional sobre los valores de la variable representada. Por ejemplo, la tercera línea en el Gráfico 3 indica la existencia 6 valores en esa celda: 0,85 repetido dos veces, 0,86 y 0,89 repetido tres veces. Aquí, ‘0,8’ sería el *tronco* y ‘5’, ‘6’ y ‘9’ las *hojas*.

CUADRO 2
Contraste de Mann-Whitney

Hipótesis	u	n_1	z	Prob $\{Z > z\}$
Públicos vs Privados	1593,0	101	1,88	0,03
No-Docentes vs Docentes	2442,0	54	0,78	0,22

Los estadísticos de Mann-Whitney presentan evidencia de que los hospitales privados son más eficientes que los públicos. En el siguiente sentido: seleccionando dos hospitales aleatoriamente, uno público y privado, es más probable que la medida de eficiencia, η_i^* , sea más alta para el hospital privado que para el público. Sin embargo, como se verá más adelante, la intensidad de la ineficiencia, cuando existe, es con frecuencia más alta en los hospitales privados¹². De hecho, 35,6 % de los hospitales públicos fueron clasificados como ineficientes frente a sólo 18,4 % de los no públicos. Para hacerse una idea del tamaño de los hospitales en estos dos grupos, la mediana del número de camas es, para los públicos, 314 y, para los privados, 221; las medias son 333 y 255 respectivamente. Por otro lado, no se aprecia ningún impacto negativo de las actividades docentes sobre la eficiencia de los hospitales implicados. Antes al contrario: el impacto es de carácter positivo —docentes más eficientes— aunque tampoco es significativo en esta dirección. Un 34,1 % de los docentes y un 25,9 % de los no docentes fueron revelados como ineficientes.

Utilizando la proyección [4], podemos estimar los potenciales ahorros en *inputs* e incrementos en *outputs* como consecuencia de ajustar los planes de producción siguiendo los modelos de los hospitales eficientes. Los resultados de este ejercicio se presentan en el Cuadro 3.

Los hospitales ineficientes presentan un gran exceso de todos los tipos de personal que se refleja en un gran ahorro relativo a los *inputs* agregados —incluyendo tanto hospitales eficientes como ineficientes. Ello es de gran importancia ya que el gasto de personal es la gran componente de los gastos corrientes de los hospitales —en los hospitales de la muestra representaron un 70 % (75 % en los públicos y 58 % en los privados) del total de los gastos corrientes cuando no se incluyen trabajos exteriores de médicos consultores y un 75 % (78 % en los públicos y 67 % en los privados) cuando éstos también se suman. Los gastos de personal agregados de los hospitales de la muestra suman 152.891 millones de pesetas, los trabajos exteriores suponen 16.006 millones adicionales. Es sorprendente que, en términos relativos, los establecimientos privados presentan un mayor exceso de personal que los públicos en las categorías más costosas: MEDICOS y ATSYDE. Uno esperaría una

¹² Lo que se traduce en mayores ahorros potenciales agregados —en términos relativos— asociados con hospitales privados en algunas de las categorías de *inputs*, así como mayores incrementos potenciales agregados —también en términos relativos— en algunos de los *outputs* (véase el Cuadro 3).

CUADRO 3
Potenciales ahorros en *inputs* e aumentos en *outputs*

Variables	Públicos			Privados			Total		
	Observado	Potencial	Δ%	Observado	Potencial	Δ%	Observado	Potencial	Δ%
	MEDICOS	10.336	9.153	11,5 %	2.760	2.426	12,1 %	13.096	11.579
ATSYDE	21.353	18.349	14,1 %	3.959	3.320	16,2 %	25.312	21.669	14,4 %
SGDGRADO	24.598	22.082	10,2 %	5.782	5.307	8,2 %	30.380	27.389	9,9 %
OTROPER	19.129	16.063	16,0 %	3.302	2.855	13,5 %	22.431	18.918	15,7 %
COMPRAS	30.541	27.647	9,5 %	6.975	6.112	12,4 %	37.515	33.758	10,0 %
CAMAS	33.605	31.996	4,8 %	9.688	9.208	5,0 %	43.293	41.203	4,9 %
MEDICINA 1	2.935.773	2.957.693	0,8 %	1.002.416	1.002.416	0,0 %	3.938.189	3.960.110	0,6 %
MEDICINA 2	219.635	223.708	1,9 %	57.699	58.273	1,0 %	277.334	281.981	1,7 %
CIRUGIA 1	4.033.970	4.054.916	0,5 %	1.308.622	1.310.130	0,1 %	5.342.591	5.365.046	0,4 %
CIRUGIA 2	329.100	348.387	5,9 %	100.278	104.259	4,0 %	429.378	452.646	5,4 %
GINEOBOS 1	1.227.193	1.257.024	2,4 %	179.838	196.529	9,3 %	1.407.031	1.453.553	3,3 %
GINEOBOS 2	229.771	241.555	5,1 %	29.096	33.138	13,9 %	258.867	274.693	6,1 %
PEDIATR 1	856.519	871.292	1,8 %	78.880	83.512	5,9 %	935.399	954.803	2,1 %
PEDIATR 2	112.061	120.277	7,3 %	12.173	13.152	8,1 %	124.234	133.429	7,4 %
OUTOTROS	177.628	186.924	5,2 %	132.055	133.761	1,3 %	309.683	320.685	3,6 %
INTENSIV 1	191.856	201.618	5,1 %	56.186	57.420	2,2 %	248.042	259.038	4,4 %
INTENSIV 2	11.316	13.468	19,0 %	3.182	3.584	12,7 %	14.498	17.053	17,6 %
URGENCIAS	2.354.084	2.548.628	8,3 %	575.409	698.554	21,4 %	2.929.494	3.247.182	10,8 %
QUIRURG	458.678	482.070	5,1 %	135.363	138.874	2,6 %	594.041	620.944	4,5 %
RNACIDOS	141.748	154.819	9,2 %	15.930	18.844	18,3 %	157.678	173.663	10,1 %

mayor flexibilidad para ajustar plantillas a necesidades resultando en menor exceso de personal, especialmente en los grupos de mayor impacto en los costes. El gasto en compras podría reducirse en un 10 % lo que supone 3,757 millones de pesetas, mientras que se estima en casi un 5 % el exceso de capacidad en las camas en funcionamiento (los ahorros en *inputs* son resultado de la suma de la reducción radial como consecuencia de $\theta_i^* < 1$ y de la reducción debida a la presencia de variables de holgura positivas, $h_x \neq 0$).

El potencial aumento de los *outputs* es menos dramático, especialmente en las actividades básicas como estancias en medicina general, cirugía, ginecología y obstetricia y pediatría. Nótese que los hospitales privados son extremadamente eficientes en las actividades básicas de estancias causadas en medicina general y cirugía. Las altas por mejoría de estas y otras especialidades, por el contrario, muestran mayor potencial de aumento. Aunque hay que interpretar estos potenciales incrementos con cuidado ya que en la estimación de la frontera eficiente no se empleó una formulación estocástica que recogiera los elementos de aleatoriedad que sin duda entran más en la explicación de parte de la variación de estas variables de altas por mejoría que en ningunas otras variables (los aumentos en los *outputs* resultan de variables de holgura positivas, $h_y \neq 0$).

Por último, podemos ver el número de veces que cada hospital aparece en la base de una solución al programa [2] (sin la restricción $\sum \lambda_i = 1$). Cuando un hospital queda clasificado como ineficiente, el valor λ^* selecciona los hospitales eficientes que han revelado como ineficiente a este establecimiento (los hospitales eficientes son los únicos que entran en su propia solución). Es la combinación de las actividades de esos hospitales seleccionados la que domina al plan de la unidad ineficiente. Cuando un hospital eficiente aparece úni-

CUADRO 4
Número de veces que un hospital aparece en una solución distinta a la propia

Núm.	Púb.	Priv.	Doc.	No Doc.	Total
2	14	3	12	5	17
3	8	4	5	7	12
4	6	3	6	3	9
5	1	1	2	0	2
6	2	3	3	2	5
7	2	2	4	0	4
8	1	0	0	1	1
10	3	3	2	4	6
11	0	3	2	1	3
12	1	0	0	1	1
14	0	1	0	1	1
15	0	1	1	0	1
16	0	1	1	0	1
17	0	1	1	0	1
19	0	1	1	0	1
29	1	0	1	0	1

camente en la base de su propia solución, su eficiencia es sospechosa: es posible —aunque no necesario— que sea debida a cierta especialización. La frecuencia con la que una unidad productiva aparece en las soluciones, muestra en que grado se trata de una institución *modélica*. En el Cuadro 4 mostramos un resumen de la distribución según la dependencia y la presencia o ausencia de actividades docentes. Tanto los hospitales privados como los docentes están sobrerrepresentados. La unidad más *modélica* resulta ser un establecimiento público docente que aparece en 29 (de las 43) soluciones de hospitales ineficientes.

4. Conclusiones

Hemos presentado métodos sencillos destinados a la medición de la eficiencia productiva que, pensamos, pueden ser de gran utilidad a la hora de identificar problemas en la asignación de recursos y guiar políticas sectoriales. Frente a los métodos econométricos tradicionales, el enfoque utilizado en este trabajo ofrece varias ventajas: 1) el carácter no paramétrico, que sirve para descubrir estructura en lugar de imponerla; 2) la posibilidad de tratar con la producción de múltiples *outputs*; 3) la identificación de las causas de ineficiencia, que los métodos econométricos apenas pueden apuntar; 4) la ausencia del supuesto de eficiencia asignativa que los métodos econométricos necesitan para poder utilizar resultados de dualidad; 5) la computación de medidas individuales frente a la estimación de una función de producción media; 6) la identificación aquellas unidades productivas modelo cuya combinación resulta en un plan eficiente adecuado para cada observación ineficiente. Por otro lado, la gran desventaja de este enfoque surge precisamente de su carácter no estocástico que no deja hueco a influencias sobre el proceso productivo de carácter aleatorio e imposibles de controlar. Tampoco hay cabida para error de medición u observación, lo cual le hace sensible a observaciones extremas que aparezcan (equivocadamente) como súper-eficientes y desplacen la frontera revelando como ineficientes observaciones que no lo son. El carácter determinista del análisis también aumenta los problemas que las variables omitidas conllevan.

Hemos ilustrado el uso de estos métodos con una muestra de hospitales para los cuales se obtuvieron medidas individuales de eficiencia al tiempo que se estimaron potenciales mejoras las actividades de aquellos establecimientos revelados como ineficientes. También, se encontraron diferencias en el grado de eficiencia según la dependencia —pública o privada— de los establecimientos. Este resultado debe interpretarse con cautela pues no se controló por diferencias entre pacientes de uno y otro tipo de hospitales. Si fuera el caso, por ejemplo, de que pacientes con menos medios económicos —con una educación sanitaria también peor y un menor stock de salud— acuden en mayor proporción a hospitales de dependencia pública que privada, ello estaría sesgando la diferencial de eficiencia estimada. También, parece probable que pacientes de bajo riesgo y con medios económicos opten por establecimientos privados donde la atención hotelera puede ser más esmerada y las lis-

tas de espera más cortas, mientras que para casos más serios acudan a la Seguridad Social. Ello no es equivalente a que sean atendidos en hospitales públicos —la mitad de las altas de hospitales privados son pacientes de la Seguridad Social— pero si es cierto que la mayor parte de los pacientes de la Seguridad Social son atendidos en sus propios hospitales. Un 64,4 % de los hospitales públicos no revelan ningún tipo de ineficiencia respecto a la tecnología de referencia común y, cuando son ineficientes, la intensidad de la ineficiencia revelada no es muy grande. Además, numerosos hospitales públicos aparecen en la base de las soluciones de los programas lineales. Finalmente, el campeón de la súper-eficiencia resulta ser un hospital público. De modo que no debe interpretarse que los hospitales de dependencia pública están, en general, mal gestionados.

Pensamos que estas técnicas, quizá utilizándose conjuntamente con métodos econométricos y análisis de ratios financieros, pueden guiar decisiones encaminadas a conseguir que el sistema sanitario español —así como cualquier otro sector económico donde sean aplicadas— funcione *todavía* más eficientemente que en la actualidad.

Apéndice

Presentamos aquí, como ilustración, la información obtenida para un hospital de la muestra (hospital número 44 de la muestra, número de identificación 2089 en la encuesta). Nótese que las variables han sido reescaladas —para tomar valores de 1 a 100— de modo que sólo los incrementos porcentuales tienen significado.

La medida de eficiencia para este establecimiento es 0,9086 lo que significa que, combinando las actividades de los hospitales que aparecen en la faceta, sería posible reducir las cantidades utilizadas de los *inputs* en un 9,14 %. Los hospitales que han revelado como ineficiente a este establecimiento son 39, 106, 46, 80, 16 y 139. Las actividades de estos hospitales se combinarían de acuerdo con los pesos en el vector λ .

Los ahorros potenciales de los *inputs* son la suma de la reducción radial debida a $\eta_{44} < 1$ y de la presencia de variables de holgura positivas. Así, por ejemplo, para ATSYDE tenemos que el potencial es $12,1 (0,9086) + 1,8 = 9,1$. Los potenciales incrementos en *outputs* son resultado de la existencia de variables de holgura positivas.

CUADRO A1
Resumen de Resultados para el Hospital núm. 44

$\eta_{44} = 0,9086$						
Faceta λ	39	109	46	80	16	139
	0,190	0,220	0,086	0,076	0,117	0,197
VARIABLES	Observado		Potencial		Var. hol.	
MEDICOS	9,0		8,2		0,0	
ATSYDE	12,1		9,1		1,8	
SGDGRADO	20,0		14,2		4,0	
OTROPER	25,9		9,8		13,8	
COMPRAS	12,6		11,5		0,0	
CAMAS	31,2		23,4		0,0	
MEDICINA 1	11,0		11,0		0,0	
MEDICINA 2	7,0		9,9		2,9	
CIRUGIA 1	31,7		39,7		8,1	
CIRUGIA 2	41,0		41,0		0,0	
GINEOBS 1	6,7		8,8		2,1	
GINEOBS 2	5,7		9,0		3,3	
PEDIATR 1	5,3		5,3		0,0	
PEDIATR 2	6,5		6,9		0,4	
OUTOTROS	11,5		11,5		0,0	
INTENSIV 1	1,0		5,7		4,7	
INTENSIV 2	1,0		11,4		10,4	
URGENCIAS	2,8		8,8		6,0	
QUIRURG	24,9		27,4		2,5	
RNACIDOS	4,8		8,1		3,2	

Referencias

- Banker, R. D.; Charnes, A. y Cooper, W. W. (1984): «Some Models for Estimating Technical and Returns to Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis», *Management Science*, vol. 30, núm. 9, págs. 1078-92.
- Banker, R. D.; Conrad, R. F. y Strauss, R. P. (1986): «A Comparative Application of Data Envelopment Analysis and Translog Methods: An Illustrative Study of Hospital Production», *Management Science*, vol. 32, núm. 1, págs. 30-44.
- Charnes, A.; Cooper, W. W. y Rhodes, E. (1978): «Measuring the Efficiency of Decision Making Units», *European Journal of Operational Research*, vol. 2, núm. 6, págs. 429-44.
- Cullis, J. G. y West, P. A. (1979): *The Economics of Health*, New York University Press, New York.
- Farrell, M. J. (1957): «The Measurement of Productive Efficiency», *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, vol. 120, núm. 3, págs. 253-81.
- Feldstein, P. J. (1983): *Health Care Economics*, Wiley, New York.
- Färe, R.; Grosskopf, S. y Lovell, C. A. K. (1985): *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer Academic, Lancaster.
- Førsund, F. R.; Love, C. A. K. y Schmidt, P. (1980): «A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurements», *Journal of Econometrics*, vol. 13, núm. 1, págs. 5-25.

- Grosskopf, S. y Valdmanis, V. (1987): «Measuring Hospital Performance: A Non-parametric Approach», *Journal of Health Economics*, vol. 6, págs. 89-107.
- Koopmans, T. C. (1951): «Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities», en *Activity Analysis of Production and Allocation*, Koopmans, T. C. John Wiley and Sons, New York.
- Lovell, C. A. K. y Schmidt, P. (1988): «A Comparison of Alternative Approaches to the Measurement of Productive Efficiency», en *Applications of Modern Production Theory: Efficiency and Productivity*, Dogramaci, A. y Färe, R., eds. Kluwer Academic, Lancaster.
- Neumann, J. von (1937): «Über ein Ökonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes», en *Ergebnisse eines Mathematischen Seminars*, Menger, K., ed. Franz Deuticke, Viena.
- Neumann, J. von (1945): «A Model of General Economic Equilibrium», *Review of Economic Studies*, vol. 13, núm. 1, págs. 1-9.
- Rosser, R. (1972): «The Measurement of Hospital Output», *International Journal of Epidemiology*, vol. 1, págs. 361-368.
- Rosser, R. (1983): «Issues of Measurement in the Design of Health Indicators: A Review», en *Health Indicators*, Culyer, A. J., ed. Martin Roberston, Oxford.
- Shephard, R. W. (1970): *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton.
- Sherman, H. D. (1984): «Hospital Efficiency Measurement and Evaluation: Empirical Test of a New Technique», *Medical Care*, vol. 22, núm. 10, págs. 922-938.
- Siegel, S. (1956): *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*, McGraw-Hill, New York.
- Torrance, G. W. (1976): «Health Status Index Models: A Unified Mathematical View», *Management Science*, vol. 22, núm. 9, págs. 990-1001.
- Wagstaff, A. (1989): «Econometric Studies in Health Economics: A Survey of the British Literature», *Journal of Health Economics*, vol. 8, págs. 1-51.
- Williams, A. (1981): «Welfare Economics and Health Status Measurement», en *Health, Economics and Health Economics*, Gaag, J. van der y Perlman, M., eds. North-Holland, Amsterdam.

Abstract

Linear programming —i. e., data envelopment analysis— techniques are used to get individual efficiency ratings for Spanish hospitals. Public hospitals seem to be less efficient than non-public hospitals. However, the intensity of the inefficiency, when it exists, is greater for the non-public hospitals in some key categories. On the contrary, teaching doesn't seem to have any affect on the efficiency ratings. Estimates of the potential savings in inputs and increases in outputs which could be obtained, should the inefficient hospitals use the efficient plans, are also presented.

Recepción del original, marzo de 1990

Versión final, julio de 1990