



Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública, 168-(1/2004): 69-92
© 2004, Instituto de Estudios Fiscales

Un modelo FDH para la medida de la eficiencia en costes de los departamentos universitarios *

VÍCTOR M. GIMÉNEZ GARCÍA
Universitat Autònoma de Barcelona

Recibido: Noviembre, 2002

Aceptado: Diciembre, 2003

Resumen

Este trabajo presenta un modelo FDH para la medida de la eficiencia en costes de los departamentos universitarios. El modelo determina el coste óptimo que debería lograr un departamento dados sus niveles de producción y calidad. Posteriormente, atribuye la diferencia entre el coste observado y el óptimo a cuatro fuentes de ineficiencia. La aplicación empírica, realizada en los departamentos de la Universitat Autònoma de Barcelona, revela como principal fuente de ineficiencia en costes los problemas de escala.

Palabras clave: Eficiencia en costes, educación superior, FDH, calidad universitaria, modelos frontera.

Clasificación JEL: C61, H52, I21.

1. Introducción

En los últimos años existe una tendencia generalizada en la mayoría de los países desarrollados a promover políticas racionalizadoras del gasto público basadas en la mejora de la eficiencia pero sin que ello suponga detrimentos en los niveles de calidad de los servicios públicos. La universidad pública no ha permanecido al margen de estas tendencias. Por ello, la medida de la eficiencia en costes del sistema universitario es una cuestión que ha adquirido últimamente especial relevancia. La materialización de esta tendencia se ha visto acompañada por la reciente entrada en vigor de la segunda reforma legislativa en materia de universidades de la democracia: la Ley Orgánica de Universidades (LOU) de 2001. El objetivo final perseguido por el legislador ha sido la mejora del sistema universitario. En concreto, en este nuevo marco legal, un objetivo ha cobrado especial relevancia: la mejora de la calidad. Sin embargo, la LOU no se ha visto acompañada de una ley de financiación que asegure los recursos económicos necesarios para la consecución de dicho objetivo. Ello parece indicar que la universidad ha iniciado una nueva etapa en la que se le exigirá un mayor esfuerzo para aumentar sus niveles de calidad, y añadiríamos que de producción científica, a partir de los recursos económicos que tiene actualmente disponibles.

* Este trabajo forma parte de una investigación más amplia financiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (ref. SEC2003-047707).

Ante este nuevo contexto, los gestores universitarios precisan de herramientas de análisis rigurosas desde un punto de vista económico que les faciliten la labor del reparto presupuestario de los recursos económicos de que disponen entre sus departamentos. En concreto, la identificación de los departamentos que gestionan eficazmente sus partidas presupuestarias y la fijación de objetivos correctores para aquellos que no lo consiguen, debe ser un elemento clave para el establecimiento de los criterios de reparto presupuestario. La complejidad del proceso productivo universitario, donde se combinan diversos recursos para la producción de multitud de productos y servicios, muchos de ellos no cuantificables en términos monetarios, es una realidad irrefutable. Por ello, la idoneidad de las técnicas empleadas tradicionalmente en la evaluación del sector universitario como son las baterías de indicadores es discutible, al recoger únicamente medidas parciales inconexas entre sí y no la multitud de interrelaciones existentes entre los recursos empleados y los múltiples *outputs* del sistema (Kells, 1991). Trabajos representativos de la utilización de los indicadores en evaluación universitaria son los de Ball y Halwachi (1987), Jarratt (1985) o Cutt *et al.* (1993). Sin embargo, los modelos frontera ofrecen una potente metodología para la evaluación de la eficiencia en costes.

El objetivo de este trabajo es proponer y aplicar a los departamentos de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) un modelo no paramétrico del tipo *free disposal hull* (FDH) capaz de determinar: a) la desviación global en costes de cada uno de los departamentos analizados, es decir, de los ahorros potenciales existentes; b) la descomposición de esta desviación en función de sus factores explicativos, distinguiendo entre la ineficiencia técnica, la asignación incorrecta de factores, la utilización de la capacidad o escala adoptada; c) la fijación de objetivos para los diferentes *inputs* y *outputs*, incluyendo la calidad, que permitan lograr la eficiencia en costes de los departamentos; d) la diferenciación entre aquellas ineficiencias que son corregibles a corto y largo plazo.

Existe abundante literatura relativa a la aplicación de los modelos frontera no paramétricos a la evaluación del sector universitario. La mayoría de los trabajos utilizan la técnica del análisis envolvente de datos (DEA) desarrollada inicialmente por Charnes *et al.* (1978). Sin embargo, no se han encontrado precedentes de un modelo FDH como el propuesto en este trabajo. Entre las investigaciones más recientes de carácter internacional que han aplicado modelos DEA en el ámbito universitario, destacaríamos la de Athanassopoulos y Shale (1997), donde se analiza la eficiencia en costes de las universidades británicas durante el curso académico 1992-93. Johnes y Johnes (1993) analizan la eficiencia en investigación de un conjunto de departamentos universitarios británicos para el período de 1984-88. Una de las características diferenciadoras de este trabajo respecto a otros es la utilización del análisis de conglomerados para realizar un análisis de sensibilidad ante diferentes especificaciones de variables. Otro ejemplo es el estudio de los efectos de la reforma del sistema educativo en Australia a finales de los años ochenta, a cargo de Madden *et al.* (1997) mediante un modelo dinámico. En otra aplicación, Sarrico *et al.* (1997) utilizan los modelos DEA para una original propuesta orientada a ayudar a los estudiantes en la elección de su universidad. Finalmente, destacaríamos dentro del ámbito internacional, la aportación de Glass *et al.* (1998) quienes analizan, utilizando el índice de Malmquist, el cambio en productividad acaecido en las universidades británicas durante el período 1989-92.

En el ámbito nacional, García Valderrama (1996) estudia la eficiencia en investigación de los departamentos de la Universidad de Cádiz, agrupándolos en dos categorías: experimentales y no experimentales para asegurar la homogeneidad en la comparación de los departamentos. Posteriormente, García Valderrama y Gómez Aguilar (1999) han analizado la eficiencia de los grupos de investigación de la Universidad de Cádiz. Existe además un conjunto de estudios encaminados a la comparación de la eficiencia de departamentos de una misma área de conocimiento. Ejemplo de ello, son los trabajos realizados por Pina Martínez y Torres Pradas (1995), quienes analizan la eficiencia de los departamentos de Contabilidad de 22 universidades españolas, y Martínez Cabrera (2000), quien analiza la eficiencia técnica de los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico de todas las universidades públicas españolas.

Como en otros ámbitos de aplicación de los modelos frontera, uno de los aspectos más complejos y controvertidos es la determinación de los *inputs* y *outputs*. Del análisis de los trabajos citados anteriormente, no puede deducirse que exista un conjunto claramente definido y consensuado de los *inputs* y *outputs* a emplear en la evaluación universitaria. En este trabajo, al tener como objetivo la eficiencia en costes de los departamentos, los *inputs* estarán condicionados por su estructura presupuestaria. Sin embargo, la definición de los *outputs* entraña más dificultades. De las investigaciones previas revisadas puede extraerse la conclusión general de que los *outputs* deben reflejar la producción y calidad de la actividad investigadora y docente. Las variables de producción quizás sean las menos conflictivas, dado que la mayoría de autores las han relacionado frecuentemente con la cantidad de docencia impartida, publicaciones y asistencia a congresos.

Sin embargo, en la literatura no existen directrices precisas acerca de cuáles deben ser las variables a emplear en materia de calidad universitaria. De las diferentes acepciones existentes del término calidad docente (véase a este respecto Astin, 1985 y George, 1982), y teniendo en cuenta la escasez de información o dificultad para adoptar otros enfoques, en este trabajo nos hemos inclinado por el que aboga que la calidad de la docencia puede medirse a partir de la opinión de los usuarios del servicio, es decir, de los estudiantes. En lo que se refiere a la calidad de la investigación, la obtención de una medida homogénea entre departamentos sea quizás uno de los mayores retos de una investigación como la que nos ocupa. En España se dispone de una información que, adecuadamente adaptada, ofrece bajo nuestro criterio una aproximación plausible a la calidad de la investigación: los tramos de investigación concedidos.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente forma. En el segundo apartado se justifica la opción metodológica adoptada y se describe el modelo propuesto. En el apartado siguiente se detalla la muestra empleada y la selección de *inputs* y *outputs*. La presentación de los resultados de la aplicación del modelo al caso de los departamentos de la UAB y su posterior análisis se encuentran en el apartado cuarto. Finalmente, se presentan las conclusiones más relevantes del trabajo.

2. Metodología

El análisis envolvente de datos se caracteriza por el hecho que las unidades de referencia son una combinación lineal convexa de diferentes unidades observadas en la realidad. Este hecho puede dificultar su utilización o comprensión desde un punto de vista de gestión, ya que

puede resultar difícil justificar a los gestores de organizaciones la comparación de unidades reales con otras que no existen en la realidad. Dado que se esperaba que los resultados de esta investigación fueran de utilidad para los gestores de la UAB, y previo consenso con éstos tras exponerles las dos alternativas básicas dentro del ámbito de los modelos frontera no paramétricos, en este estudio se ha optado finalmente por emplear un modelo del tipo FDH (Deprins *et al.*, 1984; Tulkens, 1993; Chang, 1999; Kerstens y Vanden Eeckaut, 1999).

La principal característica de los modelos FDH es que no imponen el supuesto de convexidad a la tecnología, sino que únicamente suponen disponibilidad gratuita de factores y productos. Este tipo de modelos se sustentan en el hecho de que frecuentemente es difícil hallar una justificación teórica o empírica que avale el postulado de convexidad en los conjuntos de posibilidades de producción (Cherchye *et al.*, 2001; McFadden, 1978). En este sentido, Farrell (1957) ya apuntó que la indivisibilidad de *inputs* y *outputs* y las economías de escala y especialización podían ser causa de violación del supuesto de convexidad ¹.

Sin embargo, como es sabido, los modelos FDH no están exentos de críticas y limitaciones. En primer lugar, pueden calificar como técnicamente eficientes unidades con vectores asociados de *inputs-outputs* que son ineficientes desde el punto de vista de maximización de beneficios (Thrall, 1999), es decir, desde un punto de vista de eficiencia económica. Esta crítica se sustenta en el hecho que en los modelos FDH, las unidades consideradas como eficientes no llevan asociado necesariamente un vector de precios virtuales para los *inputs* y *outputs* que suponga un beneficio asociado a dichas unidades nulo, y negativo o nulo para el resto, a diferencia de lo que ocurre en los modelos DEA. Por este motivo, Thrall sugiere en su trabajo el abandono de los modelos FDH al carecer de sentido económico. Sin embargo, la argumentación de este autor ha sido rebatida por Cherchye *et al.* (2000), empleando su propio argumento de eficiencia económica en contra suya. Basándose en el criterio de eficiencia económica de Nerlove (1965), afirman que una combinación de *inputs-outputs* es económicamente eficiente si, para unos precios dados comunes para el conjunto de unidades, no puede hallarse otra combinación que obtenga un resultado económico mejor. Por tanto, discrepan básicamente en el concepto de eficiencia económica empleado por Thrall en su crítica, dado que supone precios virtuales diferentes para los *inputs* y *outputs* en la evaluación de la eficiencia económica. Cherchye, Kuosmanen y Post llegan incluso a afirmar en su trabajo que los modelos FDH poseen mayor sentido económico que los DEA en caso de que los precios estén fijados endógenamente. En segundo lugar, debe destacarse también como limitación de los modelos FDH que, al basarse en programas lineales mixtos, el análisis de sensibilidad clásico asociado a los programas duales queda invalidado, no pudiéndose llevar a cabo estudios paralelos al realizado por Beasley (1990). Por último, debe mencionarse que como consecuencia de la menor imposición de estructura a la función de producción de los modelos FDH respecto a los DEA, acostumbra a ser necesario disponer de un número mayor de unidades a comparar. No obstante, esta última limitación puede considerarse como una cierta ventaja, ya que aquellas unidades que aparecen como ineficientes en un análisis FDH, aunque sean en número reducido, adolecen de indiscutibles problemas de eficiencia.

En resumen, los motivos por los cuales hemos optado en este trabajo por utilizar un modelo FDH han sido: a) es el modelo que prefirieron los gestores universitarios consultados, b)

no disponemos de constancia ni teórica ni empírica que confirme la convexidad del conjunto de posibilidades de producción con el que trabajaremos, c) no se van a analizar resultados derivados a partir de las variables duales, d) el objetivo del trabajo no es la medida de la eficiencia técnica sino económica, concretamente en costes.

El modelo aquí presentado es una variante FDH del propuesto por Giménez y Prior (2003). Consideremos $k = 1, \dots, K$ departamentos universitarios. El proceso productivo de un departamento k viene caracterizado por el consumo de un conjunto de $f = 1, \dots, F$ inputs ajustables a largo plazo $x_{k,f} = (x_{k,1}, \dots, x_{k,F})$ y $v = 1, \dots, V$ inputs ajustables a corto plazo $x_{k,v} = (x_{k,1}, \dots, x_{k,v})$ adquiridos a unos precios exógenos $w_{k,f} = (w_{k,1}, \dots, w_{k,F})$ y $w_{k,v} = (w_{k,1}, \dots, w_{k,v})$ respectivamente para producir un conjunto de $i = 1, \dots, I$ outputs $y_k = (y_{k,1}, \dots, y_{k,I})$ con unos niveles de calidad en $q = 1, \dots, Q$ dimensiones $Q_{k,q} = (Q_{k,1}, \dots, Q_{k,Q})$. En una primera etapa procederemos a calcular el coste asociado que deberían alcanzar los departamentos bajo el supuesto de ser técnicamente eficientes (TC_t). Para ello, resolvemos el siguiente programa lineal multiobjetivo para cada departamento k :

$$\begin{aligned}
 C_t &= \min \frac{\sum_{v=1}^V \gamma_{k,v}}{V} \\
 \alpha &= \max \frac{\sum_{q=1}^Q \alpha_{k,q}}{Q} \\
 \phi &= \max \frac{\sum_{i=1}^I \phi_{k,i}}{I} \\
 \text{s.a:} \\
 \gamma_{k,v} x_{k,v} - \sum_{s=1}^K z_s x_{s,v} &\geq 0 & v = 1, \dots, V \\
 x_{k,f} - \sum_{s=1}^K z_s x_{s,f} &\geq 0 & f = 1, \dots, F \\
 -\alpha_{k,q} Q_{k,q} + \sum_{s=1}^K z_s Q_{s,q} &\geq 0 & q = 1, \dots, Q \\
 -\phi_{k,i} y_{k,i} + \sum_{s=1}^K z_s y_{s,i} &\geq 0 & i = 1, \dots, I \\
 \sum_{s=1}^K z_s &= 1 \\
 \gamma_{k,v} &\in (0, 1] \\
 z_s &\in \{0, 1\} \\
 \phi_{k,i}, \alpha_{k,q} &\in [1, \infty)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Donde $x_{k,v}$ son los *inputs* controlables a corto plazo del departamento «k», $x_{k,f}$ los *inputs* controlables a largo plazo, $y_{k,i}$ el *output* «i» del departamento «k», $Q_{k,q}$ el nivel de calidad del departamento «k» en la dimensión «q». $\gamma_{k,v}$, $\phi_{k,i}$ y $\alpha_{k,q}$ son las mejoras potenciales en cada uno de los *inputs* controlables a corto plazo, los *outputs* y la calidad del departamento «k» respectivamente.

Cabe resaltar que en el cálculo de la eficiencia técnica, no se consideran posibles variaciones en los *inputs* controlables a largo plazo y que el orden de las funciones objetivo no es casual ni invariante en resultado. En una primera etapa se halla la máxima reducción promedio en todos los *inputs*. Una vez logrado este primer objetivo, en una segunda etapa se identifica el máximo incremento promedio alcanzable en las variables de calidad, sin que ello suponga aumentos en los *inputs* obtenidos en la primera etapa. Finalmente, en una tercera etapa se identifican incrementos adicionales en producción, sin que éstos supongan cambios en los niveles óptimos de los *inputs* y calidad calculados en las etapas previas. El método empleado para la resolución del programa lineal por metas ha sido el de las prioridades (Taha, 1998).

Las funciones objetivo se optimizan en el orden anterior dado que se considera que las condiciones actuales del sistema universitario español, ya apuntadas en la introducción, parecen sugerir, desde un punto de vista conceptual, como más prioritarios aumentos de calidad que en producción, aunque la definición de variables para la medida de la calidad en la universidad no esté exenta de dificultades. Debe destacarse que en el método de las prioridades, la optimización de la segunda y tercera función objetivo únicamente modificará la solución obtenida en la optimización de la primera cuando ésta sea múltiple. Por ello, se trata de un mecanismo encaminado a refinar el funcionamiento del modelo ante estas circunstancias, no previéndose la obtención de resultados sustancialmente diferentes al caso de haber optimizado únicamente la función objetivo principal.

Otra característica del modelo anterior es que emplea coeficientes de reducción individualizados, lo que supone, en otras palabras, utilizar en cada función objetivo una medida no radial de eficiencia tipo Russell (Färe y Lovell, 1978), consistente en buscar la máxima mejora promedio global en *inputs* y *outputs*. El motivo de utilizar una medida no radial de estas características se debe a que en los modelos FDH la unidad de referencia es una unidad real, lo que dificulta el mantenimiento del *mix* de *inputs* y/u *outputs* característico de las medidas radiales. Asimismo, en el caso concreto de los departamentos universitarios, somos de la opinión de que es más interesante la utilización de medidas de esta naturaleza, ya que pueden contribuir desvelar estructuras inadecuadas del vector de *inputs* y *outputs*. Además de la medida de Russell, existen otras alternativas no radiales como son las medidas aditivas (Charnes *et al.*, 1985) o la medida asimétrica de Farell (Färe, 1975). La primera de ellas ofrecería resultados en la línea de los obtenidos con la medida de Russell, ya que buscan la maximización de la suma de las holguras de cada una de las restricciones correspondientes a los *inputs* y *outputs*. En cambio, la segunda identificaría el *output* o *input* con mayor capacidad de expansión o reducción potencial manteniendo el resto constantes.

Una vez resuelto [1], el coste frontera asociado a la eficiencia técnica (TC_t) lo obtendríamos de la siguiente forma:

$$x_{t,v} = \gamma_{k,v} \cdot x_{k,v} \quad [2]$$

$$x_{t,f} = \alpha_{k,f} \cdot x_{k,f} \quad [3]$$

$$TC_t = \sum_{v=1}^V w_{k,v} \cdot x_{t,v} + \sum_{f=1}^F w_{k,f} \cdot x_{t,f} \quad [4]$$

donde $w_{k,v}$ y $w_{k,f}$ son los precios de los factores variables y fijos del departamento «k» respectivamente. Se asume que los mercados de los factores son perfectamente competitivos y que, por tanto, el precio de los factores no varía en función de la cantidad demandada.

El siguiente paso del modelo consiste en cuantificar el mínimo coste a corto plazo (TC_{sr}) para cada departamento. Para ello, resolvemos este otro programa lineal por metas:

$$\begin{aligned} TC_{sr} &= \min \quad \sum_{v=1}^V w_{k,v} \cdot x_{sr,v} + \sum_{f=1}^F w_{k,f} \cdot x_{k,f} \\ \alpha &= \max \quad \frac{\sum_{q=1}^Q \alpha_{k,q}}{Q} \\ \phi &= \max \quad \frac{\sum_{i=1}^I \phi_{k,i}}{I} \\ \text{s.a:} & \\ x_{sr,v} - \sum_{s=1}^K z_s \cdot x_{s,v} &\geq 0 & v = 1, \dots, V \\ x_{k,f} - \sum_{s=1}^K z_s \cdot x_{s,f} &\geq 0 & f = 1, \dots, F \\ - \alpha_{k,q} \cdot Q_{k,q} + \sum_{s=1}^K z_s \cdot Q_{s,q} &\geq 0 & q = 1, \dots, Q \\ - \phi_{k,i} \cdot y_{k,i} + \sum_{s=1}^K z_s \cdot y_{s,i} &\geq 0 & i = 1, \dots, I \\ \sum_{s=1}^K z_s &= 1 \\ x_{sr,v} &\geq 0 \\ z_s &\in \{0, 1\} \\ \phi_{k,i}, \alpha_{k,q} &\in [1, \infty) \end{aligned} \quad [5]$$

La principal característica del programa [5] es, además de fijar como primer objetivo la minimización del coste a corto plazo, que define como variable no restringida el nivel de *inputs* controlables a corto plazo ($x_{sr,v}$), pudiéndose obtener vectores óptimos con valores superiores a los observados en algún componente. La diferencia entre el coste óptimo asociado a la eficiencia técnica y el coste óptimo a corto plazo, es el reflejo en los costes de ineficiencias asignativas en los recursos.

La siguiente etapa consiste en el cálculo del coste eficiente a largo plazo (TC_{lr}). Para ello, debe resolverse el siguiente programa lineal multiobjetivo para cada departamento:

$$\begin{aligned}
 TC_{lr} &= \min \sum_{v=1}^V w_{k,v} x_{lr,v} + \sum_{f=1}^F w_{k,f} x_{lr,f} \\
 \alpha &= \max \frac{\sum_{q=1}^Q \alpha_{k,q}}{Q} \\
 \phi &= \max \frac{\sum_{i=1}^I \phi_{k,i}}{I} \\
 \text{s.a:} \\
 x_{lr,v} - \sum_{s=1}^K z_s x_{s,v} &\geq 0 & v = 1, \dots, V \\
 x_{lr,f} - \sum_{s=1}^K z_s x_{s,f} &\geq 0 & f = 1, \dots, F \\
 -\alpha_{k,q} Q_{k,q} + \sum_{s=1}^K z_s Q_{s,q} &\geq 0 & q = 1, \dots, Q \\
 -\phi_{k,i} y_{k,i} + \sum_{s=1}^K z_s y_{s,i} &\geq 0 & i = 1, \dots, I \\
 \sum_{s=1}^K z_s &= 1 \\
 x_{lr,v}, x_{lr,f} &\geq 0 \\
 z_s &\in \{0, 1\} \\
 \phi_{k,i}, \alpha_{k,q} &\in [1, \infty)
 \end{aligned} \tag{6}$$

La principal diferencia entre [6] y [5] es que se permite la modificación de los *inputs* controlables a corto y largo plazo ($x_{lr,v}$ y $x_{lr,f}$), aunque sin que ello suponga cambios de escala (se asumen rendimientos variables a escala). Por tanto, la diferencia en el coste óptimo será consecuencia de la utilización de la capacidad disponible o, en otras palabras, de la correcta dotación de *inputs* fijos para el nivel de producción observado.

Finalmente, en la última etapa, se calcula el coste eficiente a largo plazo con escala óptima (TC_{mpss}), que viene dado por:

$$\begin{aligned}
 TC_{mpss} &= \min \sum_{v=1}^V w_{k,v} x_{mpss,v} + \sum_{f=1}^F w_{k,f} x_{mpss,f} \\
 \alpha &= \max \frac{\sum_{q=1}^Q \alpha_{k,q}}{Q} \\
 \phi &= \max \frac{\sum_{i=1}^I \phi_{k,i}}{I} \\
 \text{s.a:} \\
 x_{mpss,v} - \sum_{s=1}^K z_s x_{s,v} &\geq 0 & v = 1, \dots, V \\
 x_{mpss,f} - \sum_{s=1}^K z_s x_{s,f} &\geq 0 & f = 1, \dots, F \\
 -\alpha_{k,q} Q_{k,q} + \sum_{s=1}^K z_s Q_{s,q} &\geq 0 & q = 1, \dots, Q \\
 -\phi_{k,i} y_{k,i} + \sum_{s=1}^K z_s y_{s,i} &\geq 0 & i = 1, \dots, I \\
 z_s &\leq M \gamma_s & s = 1, \dots, K \\
 \sum_{s=1}^K \gamma_s &= 1 \\
 z_s, x_{mpss,v}, x_{mpss,f} &\geq 0 \\
 \gamma_s &\in \{0, 1\} \\
 \phi_{k,i}, \alpha_{k,q} &\in [1, \infty) \\
 M &\rightarrow +\infty
 \end{aligned} \tag{7}$$

El programa [7] se diferencia del anterior en que asume que la tecnología presenta rendimientos constantes a escala, por tanto, la disminución del coste óptimo respecto a [6] es atribuible a no disponer de la escala óptima. La introducción de este tipo de tecnologías en un modelo FDH manteniendo la linealidad supone, según nuestro conocimiento, una aportación teórica a la literatura respecto a la propuesta no lineal de Kerstens y Vanden Eeckaut (1999), lo que sin duda redundará en una mayor facilidad de cálculo. En el caso de los modelos FDH, los rendimientos constantes a escala suponen que el conjunto de comparación debe seguir siendo una única unidad de la muestra analizada, pero permitiendo que cambie su tamaño, tanto aumentándolo como reduciéndolo, como sucede en el caso de los modelos DEA. El programa [7] logra este objetivo puesto que permite cualquier valor positivo o nulo para las

variables del vector de intensidad (z_s) en la formación de la unidad de referencia, pero restringiendo que cada z_s sea menor o igual que el producto de una variable binaria γ_s por un parámetro M que tiende a infinito, permitiendo así que si γ_s toma valor uno, z_s pueda tomar cualquier valor y, en caso contrario, es decir, si γ_s toma valor cero, entonces z_s también tome necesariamente valor cero. La restricción $\sum_s \gamma_s = 1$ tiene por objetivo asegurar que sólo una γ_s tome valor unitario, forzándose de esta forma que únicamente haya una unidad que integre el conjunto de referencia.

Definimos la desviación total en costes (TCV) como la diferencia entre el coste observado y el coste óptimo una vez ajustada la escala, es decir, como $TC_k - TC_{mpss}$. Representa la mejora total que podría lograrse en los costes del departamento «k». Asimismo, TCV puede descomponerse de la siguiente forma:

$$TC_k - TC_{mpss} = (TC_k - TC_t) + (TC_t - TC_{sr}) + (TC_{sr} - TC_{lr}) + (TC_{lr} - TC_{mpss}) \quad [8]$$

A partir de la expresión [8] pueden definirse las siguientes desviaciones o causas explicativas:

Desviación en escala (SV): Representa el exceso en costes debido a diferencias entre el coste medio de la actividad que globalmente minimiza los costes y el valor frontera relativo al nivel de producción del departamento k . Esta desviación incluye únicamente efectos de escala, y no asume ningún tipo de ineficiencia en la utilización de los factores ni fijos ni variables:

$$SV = (TC_{lr} - TC_{mpss}) \quad [9]$$

Desviación en utilización de la capacidad (FCV): Representa la desviación en los costes totales provocada por diferencias entre el requerimiento de factores fijos, asumiendo una situación de equilibrio a largo plazo (escala óptima, dado el nivel de actividad) y el coste mínimo posible desde la perspectiva de corto plazo, sin modificaciones de capacidad:

$$FCV = (TC_{sr} - TC_{lr}) \quad [10]$$

Desviación asignativa (AV): Se trata de la desviación en costes totales debida a la existencia de ineficiencias en la composición de los factores empleados:

$$AV = (TC_t - TC_{sr}) \quad [11]$$

Desviación por ineficiencia técnica (TEV): Recoge el exceso de costes totales motivado por un excesivo consumo de factores. Estaríamos ante situaciones de incapacidad de gestión, errores en la organización o de falta de incentivos, que pueden estar explicados en parte por la ausencia de competencia de acuerdo con Leibenstein (1966) y su teoría de la *x-efficiency*.

$$TEV = (TC_k - TC_t) \quad [12]$$

Las dos primeras desviaciones pueden atribuirse a factores controlables únicamente a largo plazo, mientras que las dos últimas son atribuibles a factores controlables a corto plazo.

3. Muestra y variables

La aplicación empírica del modelo descrito en el apartado anterior se ha llevado a cabo en los departamentos de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). La aplicación empírica no se ha realizado para los 46 departamentos de la universidad, ya que únicamente se disponía de información completa para 42 de ellos. Los datos empleados corresponden al ejercicio económico 1998.

Es bien conocido que tanto la metodología DEA como FDH requieren que las unidades a comparar sean homogéneas respecto a la actividad que desarrollan y las condiciones donde la llevan a cabo. La evaluación de departamentos universitarios exige ser cauteloso en este aspecto, especialmente cuando los departamentos pertenecen a una institución con un amplio espectro de áreas de conocimiento como es la UAB. Siguiendo a García Valderrama (1996), se han agrupado los 42 departamentos en dos grupos según su nivel de experimentalidad: departamentos de alta y baja experimentalidad. Para ello, se ha utilizado el «índice de experimentalidad» que la propia universidad emplea para determinar el importe del crédito a pagar por los alumnos según el tipo de estudio que cursen y como clave para el reparto presupuestario. En el cuadro 1 puede comprobarse como la partida correspondiente a los gastos de funcionamiento de los departamentos de alta experimentalidad casi triplica en términos medios a la correspondiente en los departamentos de experimentalidad baja. Ello sugiere que, efectivamente, las condiciones operativas de ambos tipos de departamentos difieren notablemente, ya que esta partida recoge los gastos específicos asociados al mantenimiento de las infraestructuras científicas empleadas tanto en docencia como investigación en determinadas disciplinas de carácter científico-técnico. La evaluación se ha realizado siguiendo el procedimiento propuesto por Banker y Morey (1986): los departamentos de experimentalidad baja se han evaluado conjuntamente con los de alta, mientras los departamentos de alta experimentalidad se han evaluado de forma aislada.

Siguiendo las directrices generales ofrecidas por la literatura, se han diferenciado dos tipos de *outputs*: los asociados a la producción y la calidad, tanto en la vertiente docente como investigadora. Dentro de los primeros, y de acuerdo con la información disponible y las sugerencias de diversos gestores universitarios consultados, se han seleccionado: a) los artículos publicados en el período 1995-98² en revistas internacionales y nacionales, b) los libros y capítulos de éstos publicados en el mismo período³ y c) el plan docente⁴, que recoge la carga docente que soportan los departamentos por impartir clases en las diferentes titulaciones y postgrados donde participan. Esta variable aparece expresada en profesores equivalentes a jornada completa.

Cuadro 1
Estadísticos descriptivos relativos a los *inputs* y *outputs*

| | <i>Input/output</i> | Variable | Categoría <i>input</i> | Max | Min | Media | Desv. estd. | |
|---|---|---------------------------------------|------------------------|--------------|--------------|------------|-------------|------------|
| Experimentalidad baja (n=26) | Gastos profesorado funcionario (€) | IF1 | Fijo | 1.785.473,15 | 464.669,22 | 898.477,73 | 347.207,04 | |
| | Gastos profesorado no funcionario (€) | IV1 | Variable | 758.032,70 | 72.105,61 | 284.185,91 | 155.839,66 | |
| | Gastos funcionamiento (€) | IV2 | Variable | 156.854,86 | 27.111,20 | 79.145,31 | 34.453,83 | |
| | Número artículos nacionales e internacionales | O1 | (B) | | 182 | 5 | 82 | 51 |
| | | O2 | (B) | | 141 | 0 | 54 | 44 |
| | Plan docente | O3 | (B) | 68,23 | 15,59 | 33,16 | 12,40 | |
| | Calidad docente | O4 | (B) | 7,00 | 5,43 | 6,18 | 0,37 | |
| | Calidad investigación | O5 | (B) | 0,59 | 0,02 | 0,37 | | |
| | Experimentalidad alta (n=16) | Gastos profesorado funcionario (€) | IF1 | Fijo | 1.981.054,88 | 258.203,76 | 967.403,29 | 560.028,57 |
| | | Gastos profesorado no funcionario (€) | IV1 | Variable | 853.880,61 | 115.196,89 | 346.282,01 | 241.558,86 |
| Gastos funcionamiento (€) | | IV2 | Variable | 451.441,86 | 50.423,20 | 187.770,08 | 117.880,92 | |
| Número artículos nacionales e internacionales | | O1 | (B) | 584 | 9 | 163 | 171 | |
| | | O2 | (B) | 48 | 0 | 15 | 17 | |
| Plan docente | | O3 | (B) | 91,17 | 3,94 | 35,39 | 26,11 | |
| Calidad docente | | O4 | (B) | 6,85 | 5,52 | 6,16 | 0,46 | |
| Calidad investigación | | O5 | (B) | 0,80 | 0,20 | 0,54 | | |

Fuente: autor.

Como variable representativa de la calidad de la docencia se han utilizado los resultados de la encuesta común que la UAB realiza al finalizar cada cuatrimestre entre sus alumnos de primer y segundo ciclo. En ella únicamente se valoran aspectos pedagógicos de los profesores, no incluyendo otros como, por ejemplo, instalaciones físicas. La incorporación de la calidad de la investigación es, según nuestro conocimiento, una aportación respecto a otros trabajos similares. Para ello, se ha empleado la información relativa a los tramos de investigación conseguidos por los profesores de cada departamento. Sin embargo, emplear esta variable sin corregirla previamente adolece de dos problemas. En primer lugar, los departamentos con más profesores y de mayor edad tienen mayor probabilidad de disponer de más tramos de investigación. Por ello, se han dividido los tramos de investigación de cada departamento por sus tramos docentes, de concesión prácticamente automática en la práctica. En segundo lugar, es sabido que el porcentaje de tramos de investigación concedidos difiere notablemente entre campos científicos. Por este motivo, se ha dividido a su vez el cociente anterior por el porcentaje de tramos concedidos en cada campo ⁵.

Como *inputs* se han seleccionado las principales partidas liquidadas del presupuesto departamental, diferenciando entre aquellas que son ajustables a corto y largo plazo. En concreto, han sido: a) los gastos de funcionamiento, b) los gastos del personal docente e investigador no funcionario y, finalmente, c) los gastos de personal docente e investigador funcionario. Los dos primeros se han considerado como ajustables a corto plazo y el último a largo plazo. En el cuadro 1 se recogen los descriptivos de todos los *inputs* y *outputs*.

Para la adaptación del modelo general descrito en el apartado anterior y como consecuencia de la falta de información sobre los precios medios de compra de los factores, se ha supuesto que éstos eran idénticos para todos los departamentos e iguales a la unidad. En el caso concreto de la UAB este supuesto no resulta muy limitativo, ya que la compras deben realizarse obligatoriamente a través de proveedores homologados por el rectorado, siendo los precios muy similares.

4. Resultados

El cuadro 2 muestra el valor promedio de la desviación total en costes, así como de cada uno de sus integrantes. Se aprecia cómo la desviación total en costes está principalmente originada por un problema de escala inadecuada. La desviación total media en costes es de un 3,20 por 100, siendo atribuible un 3,05 por 100 a la desviación de escala (SV) y apenas despreciables el resto de factores explicativos como son la utilización inadecuada de los recursos disponibles (TEV), el *mix* de *inputs* escogido (AV) o el nivel de *inputs* fijos seleccionados para el nivel observado de producción (FCV). Este resultado refleja la adecuada gestión presupuestaria de la UAB, y más concretamente, de sus departamentos. Las ineficiencias detectadas son claramente atribuibles a factores estructurales como es el hecho de que muchos departamentos no disponen del tamaño idóneo para la minimización de costes.

Cuadro 2
Resultados generales medios (en % sobre el coste total observado)

| | Media | Máximo | Mínimo | Desviación típ. |
|-------------------------------|-------|--------|--------|-----------------|
| Desv. por inef. técnica (%) | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| Desv. asignativa (%) | ,05 | 1,95 | ,00 | ,30 |
| Desv. por util. cap. (%) | ,11 | 4,60 | ,00 | ,71 |
| Desv. por escala (%) | 3,05 | 27,64 | ,00 | 6,20 |
| Desv. global (%) | 3,20 | 27,64 | ,00 | 6,44 |
| Desv. con trolable a c.p. (%) | ,05 | 1,95 | ,00 | ,30 |

Fuente: autor.

Una primera cuestión derivada del resultado anterior es si los departamentos ineficientes en costes, como consecuencia de disponer de una escala inadecuada, deberían aumentar o disminuir su tamaño. La respuesta a esta cuestión puede obtenerse fácilmente analizando sus unidades de referencia. De esta forma, si el coeficiente de la unidad real elegida como referencia es mayor que uno, significa que la unidad evaluada debería disminuir su tamaño para mejorar sus costes y viceversa. Sin embargo, para el caso de rendimientos constantes en los modelos DEA, la respuesta no hubiera sido, en general, tan inmediata a partir del análisis de las unidades de referencia, ya que pueden estar compuestos por diversas unidades de referencia, unas aumentadas y otras disminuidas de tamaño. Las unidades de referencia proporcionadas por el modelo en el cálculo del coste óptimo a largo plazo, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, muestran cómo tan sólo dos departamentos deberían aumentar su tamaño, mientras que el resto deberían disminuirlo. Por tanto, existe un problema generalizado de sobredimensionamiento entre los departamentos de la UAB que afecta negativamente a la eficiencia en costes.

Una segunda cuestión es si puede definirse una escala estructuralmente adecuada. Debido a que los modelos frontera no paramétricos no proporcionan una escala óptima generalizada, se ha realizado una primera aproximación a la identificación de un intervalo de escala óptima que permitiera ofrecer alguna directriz sobre los límites en los que deben situarse las proporciones entre las diferentes figuras del PDI. Para ello, se han calculado en el cuadro 3 los descriptivos básicos de la estructura, en términos absolutos y porcentuales, de las diferentes figuras del PDI para los departamentos globalmente eficientes en costes. Centrándonos específicamente en la estructura porcentual con el objetivo de intentar identificar si existe un patrón general, se observa que no existen diferencias considerables en función del nivel de experimentalidad entre la proporción de PDI numerario y no numerario. Se aprecia, sin embargo, una tendencia en los departamentos de alta experimentalidad a disponer de plantillas con una mayor proporción de personal contratado. No obstante, el hecho de la elevada desviación típica delata que existen diferencias notables entre departamentos. El análisis pormenorizado por figuras de PDI no revela patrones claramente diferenciados en lo que se refiere a catedráticos (CU por 100), titulares de universidad (TU por 100) y asociados (Asociados por 100), dándose las diferencias más importantes en los ayudantes (Ayudantes por 100) y titulares de escuela universitaria (TEU por 100). En concreto, se observa que los departamentos de experimentalidad alta optan, en términos medios, por una mayor proporción de ayudantes en su estructura,

Cuadro 3
Estructura absoluta y porcentual del PDI de los departamentos globalmente eficientes en costes según nivel de experimentalidad

| | | PDI numerario | PDI no numerario | CU | TU | Asociados | Ayudantes | TEU |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Experimentalidad baja | Media | 23,79 (51,75) | 22,00 (48,25) | 5,21 (11,03) | 13,21 (29,05) | 17,79 (38,90) | 4,71 (9,36) | 4,74 (11,67) |
| | Máximo | 42,00 (67,39) | 43,00 (66,67) | 10,00 (20,83) | 23,00 (43,48) | 36,00 (58,49) | 9,00 (18,75) | 20,00 (50,00) |
| | Mínimo | 12,00 (33,33) | 10,00 (32,61) | ,00 (,00) | ,00 (,00) | 7,00 (24,14) | 2,00 (,00) | ,00 (0,00) |
| | Desviación típ. | 8,38 (10,85) | 8,65 (10,85) | 3,29 (5,94) | 6,56 (11,75) | 7,63 (10,42) | 1,72 (4,56) | 5,57 (15,23) |
| | | | | | | | | |
| Experimentalidad alta | Media | 28,90 (44,46) | 36,40 (55,54) | 7,70 (12,56) | 19,90 (30,69) | 24,00 (37,32) | 12,40 (18,23) | 1,00 (1,21) |
| | Máximo | 56,00 (63,93) | 70,00 (72,92) | 19,00 (31,15) | 44,00 (40,00) | 55,00 (58,14) | 30,00 (33,33) | 9,00 (8,41) |
| | Mínimo | 9,00 (27,08) | 16,00 (36,07) | 3,00 (5,21) | 5,00 (18,52) | 7,00 (18,03) | 1,00 (2,86) | ,00 (,00) |
| | Desviación típ. | 14,96 (11,05) | 20,51 (11,05) | 5,25 (7,53) | 10,73 (7,69) | 14,31 (13,61) | 9,51 (9,89) | 2,83 (2,78) |
| | | | | | | | | |

Fuente: autor.

Nota: Los valores porcentuales están expresados entre paréntesis.

mientras que los de baja lo hacen por una mayor proporción de titulares de escuela. El cuadro 3 muestra el intervalo en el que varían las proporciones de cada figura en los departamentos globalmente eficientes, a modo de aproximación, de lo que podría ser un intervalo de escala más adecuada. Se observa en general que los intervalos de variación son considerables, lo que sugiere que no existe un patrón claramente definido de estructura óptima. Sin embargo, ésta es una cuestión que debería ser objeto de una investigación más detallada en otro trabajo.

Como consecuencia de la poca importancia que representa el resto de desviaciones en esta aplicación, a partir de este momento, nos centraremos exclusivamente en el análisis de los resultados obtenidos en optimización de costes a largo plazo con rendimientos constantes.

Los descriptivos de las desviaciones por áreas de conocimiento del cuadro 4 muestran que los departamentos con mayores problemas de escala son los pertenecientes al área de Ciencias Experimentales, con más de un 8,5 por 100 de exceso de coste debido a este motivo, seguido de los de Ciencias Sociales con un 2,66 por 100. En cambio, las diferencias según el nivel de experimentalidad (cuadro 5) son realmente pequeñas, observándose una mayor desviación por escala en los departamentos de experimentalidad alta (4,30 por 100) que en los de baja (2,27 por 100).

A continuación presentamos las variaciones potenciales en *inputs* fijos y variables. Debe tenerse presente que dichos coeficientes no representan las variaciones necesarias para alcanzar un tamaño óptimo, sino las variaciones potenciales que existirían bajo el supuesto de conseguir operar con el rendimiento de la escala idónea pero manteniendo la actual. Por tanto, su

Cuadro 4
Estadísticos descriptivos de las desviaciones por área de conocimiento

| | | Desv. por inef. técnica (%) | Desv. asignativa (%) | Desv. por util. cap. (%) | Desv. por escala (%) | Desv. global (%) | Desv. controlable a c.p. (%) |
|-------------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Ciencias experimentales | Media | ,00 | ,19 | ,46 | 8,56 | 9,21 | ,19 |
| | Máximo | ,00 | 1,95 | 4,60 | 27,64 | 27,64 | 1,95 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | ,00 | ,62 | 1,45 | 9,52 | 9,80 | ,62 |
| Ciencias de la salud | Media | ,00 | ,00 | ,00 | ,30 | ,30 | ,00 |
| | Máximo | ,00 | ,00 | ,00 | 2,37 | 2,37 | ,00 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | ,00 | ,00 | ,00 | ,84 | ,84 | ,00 |
| Ciencias sociales | Media | ,00 | ,00 | ,00 | 2,66 | 2,66 | ,00 |
| | Máximo | ,00 | ,00 | ,00 | 16,37 | 16,37 | ,00 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | ,00 | ,00 | ,00 | 4,68 | 4,68 | ,00 |
| Ciencias humanas | Media | ,00 | ,00 | ,00 | ,01 | ,01 | ,00 |
| | Máximo | ,00 | ,00 | ,00 | ,08 | ,08 | ,00 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | ,00 | ,00 | ,00 | ,03 | ,03 | ,00 |

Fuente: autor.

Cuadro 5
Estadísticos descriptivos de las desviaciones por niveles de experimentalidad

| | | Desv. por inef. técnica (%) | Desv. asignativa (%) | Desv. por util. cap. (%) | Desv. por escala (%) | Desv. global (%) | Desv. controlable a c.p. (%) |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Experimentalidad baja | Media | ,00 | ,00 | ,00 | 2,27 | 2,27 | ,00 |
| | Máximo | ,00 | ,00 | ,00 | 19,11 | 19,11 | ,00 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | ,00 | ,00 | ,00 | 5,07 | 5,07 | ,00 |
| Experimentalidad alta | Media | ,00 | ,12 | ,29 | 4,30 | 4,71 | ,12 |
| | Máximo | ,00 | 1,95 | 4,60 | 27,64 | 27,64 | 1,95 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | ,00 | ,49 | 1,15 | 7,71 | 8,16 | ,49 |

Fuente: autor.

interpretación debe ser cautelosa, al reflejar más un concepto teórico que operativo. En líneas generales (cuadro 6), se observa que los departamentos que forman la frontera de minimización de costes a largo plazo con escala óptima se caracterizan por disponer de menores partidas en los gastos de PDI numerario (IF1) y funcionamiento (IV2), con un 3,45 por 100 y 6,48 por 100 respectivamente, pero mayores en el concepto de PDI no numerario (IV1), concretamente un 4,19 por 100. Este resultado sugiere el efecto positivo que sobre los costes y resultados parece ejercer el disponer de más profesorado contratado. La explicación a este resultado puede hallarse probablemente en el hecho de que este tipo de profesorado contribuye activamente a la investigación como consecuencia del proceso competitivo en el que se encuentra inmerso en la

Cuadro 6
Variaciones promedio en los *inputs*

| | Media | Máximo | Mínimo | Desviación típ. |
|--------------------------------|-------|--------|--------|-----------------|
| PDI numerario (IF1) | -3,45 | 9,79 | -40,44 | 8,76 |
| PDI no numerario (IV1) | 4,19 | 195,57 | -50,27 | 35,01 |
| Gastos de funcionamiento (IV2) | -6,48 | 117,19 | -72,04 | 27,15 |

Fuente: autor.

fase previa a su estabilización laboral. Una conclusión *a priori* que podría extraerse de este resultado es que resulta más interesante configurar plantillas preferentemente integradas por profesorado contratado. Esto no es necesariamente cierto, ya que en el modelo subyace la hipótesis implícita de que existen posibilidades de estabilización para el profesorado contratado, lo que propicia un comportamiento motivado y altamente competitivo. Otro entorno laboral carente de estas posibilidades, supondría seguramente diferentes comportamientos cuyas consecuencias no serían predecibles a partir de los resultados de este trabajo.

Los departamentos en los que podría lograrse una mayor reducción del personal PDI numerario son los de Ciencias Experimentales con un 9,07 por 100 (cuadro 7), seguidos por los de Ciencias Sociales con casi un 2,5 por 100. Los departamentos de Ciencias Humanas son, en cambio, los que presentan esta partida más ajustada, siendo la variación potencial promedio casi nula. El área donde los gastos en PDI no numerario deberían aumentarse en mayor porcentaje es la de Ciencias Sociales, con un 5,80 por 100 en promedio. Le siguen próximas las áreas de Ciencias Experimentales, de la Salud, mientras que en Ciencias Humanas el aumento es bastante inferior.

Cuadro 7
Variaciones en los *inputs* por área de conocimiento

| | | PDI numerario (IF1) | PDI no numerario (IV1) | Gastos de funcionamiento (IV2) |
|-------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------|
| Ciencias experimentales | Media | -9,07 | 4,18 | -28,65 |
| | Máximo | ,00 | 41,24 | ,00 |
| | Mínimo | -26,33 | -43,70 | -72,04 |
| | Desviación típ. | 9,62 | 27,80 | 28,66 |
| Ciencias de la salud | Media | -1,74 | 4,04 | -2,65 |
| | Máximo | ,00 | 32,29 | ,00 |
| | Mínimo | -13,94 | ,00 | -21,19 |
| | Desviación típ. | 4,93 | 11,42 | 7,49 |
| Ciencias sociales | Media | -2,48 | 5,80 | 2,22 |
| | Máximo | 9,79 | 195,57 | 117,19 |
| | Mínimo | -40,44 | -50,27 | -37,61 |
| | Desviación típ. | 11,01 | 54,83 | 33,65 |
| Ciencias humanas | Media | -,35 | 1,67 | ,26 |
| | Máximo | ,00 | 15,06 | 2,37 |
| | Mínimo | -3,14 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 1,05 | 5,02 | ,79 |

Fuente: autor.

Por nivel de experimentalidad (cuadro 8) los valores mayores, en cualquiera de los tres *inputs*, se encuentran en los departamentos de experimentalidad alta, lo que demuestra que son los más perjudicados en términos de costes por su escala inadecuada. Los signos de los valores máximos y mínimos son diferentes en la mayoría de los casos, lo que significa que deberían ponerse en marcha actuaciones correctivas individualizadas tras el análisis detallado de cada departamento. La partida más afectada son los gastos de funcionamiento en los departamentos de experimentalidad alta, presentando una reducción potencial del 16,8 por 100.

Cuadro 8
Variaciones en los *inputs* por nivel de experimentalidad

| | | PDI numerario (IF1) | PDI no numerario (IV1) | Gastos de funcionamiento (IV2) |
|-----------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Experimentalidad baja | Media | -1,97 | 2,24 | -,12 |
| | Máximo | 9,79 | 195,57 | 117,19 |
| | Mínimo | -40,44 | -50,27 | -38,89 |
| | Desviación típ. | 8,52 | 42,23 | 26,41 |
| Experimentalidad alta | Media | -5,86 | 7,36 | -16,80 |
| | Máximo | ,00 | 41,24 | ,00 |
| | Mínimo | -26,33 | -24,49 | -72,04 |
| | Desviación típ. | 8,88 | 18,96 | 25,85 |

Fuente: autor.

Atendiendo al entorno actual y a las características específicas de la enseñanza universitaria pública española, una aplicación interesante del modelo es identificar los aumentos de producción y niveles de calidad que podrían lograrse a largo plazo, una vez ajustado el tamaño de los departamentos a su nivel óptimo y eliminado el resto de posibles ineficiencias en costes. En el cuadro 9 se presentan las variaciones potenciales en los diferentes *outputs* y calidad. Los resultados sugieren que la escala inadecuada afecta de forma más negativa a la producción de libros y capítulos que a los artículos, situándose su producción óptima promedio en un 119,42 por 100 superior a la actual. En cambio la producción de artículos simplemente debería aumentarse en un 16,63 por 100. Este resultado puede deberse a que los departamentos mayores son probablemente los más orientados a una actividad de investigación pura, mientras que otros han alcanzado un mayor equilibrio entre investigación y divulgación. En otras palabras, los resultados parecen sugerir que puede existir un problema de rendimientos decrecientes en investigación, aunque la confirmación de esta hipótesis sobrepasa el alcance del presente trabajo. Asimismo, destaca especialmente el hecho puntual de que existe un departamento con un incremento potencial del número de libros de un 1.486 por 100. También se observa que la docencia apenas se ve perjudicada por el tamaño, lo cual era de esperar, al dimensionarse tradicionalmente los departamentos en función de su carga docente.

Cuadro 9
Incrementos de producción y calidad

| | Media | Máximo | Mínimo | Desviación típ. |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|------------------------|
| N.º artículos nac+int (O1) | 16,63 | 243,29 | ,00 | 41,86 |
| N.º de libros+cap libros (O2) | 119,42 | 1.486,12 | ,00 | 311,05 |
| Plan docente (O3) | 4,63 | 182,94 | ,00 | 28,22 |
| Calidad docencia (O4) | 9,59 | 134,59 | ,00 | 27,11 |
| Calidad investigación (O5) | 25,20 | 193,83 | ,00 | 47,47 |

Fuente: autor.

La escala inadecuada afecta también negativamente a la calidad tanto de la docencia como de la investigación, resultando esta última la más perjudicada, ya que debería aumentarse en promedio un 25,20 por 100 para obtener un rendimiento equivalente al de la escala óptima. La calidad de la docencia también podría incrementarse, aunque aproximadamente algo menos de la mitad que la anterior, un 9,59 por 100. El análisis por áreas de conocimiento, muestra cómo los departamentos de Ciencias Experimentales, Sociales y Humanas no presentan apenas diferencias en el incremento medio de la docencia, mientras que se observa que los departamentos de Ciencias de la Salud son los que aglutinan un mayor potencial de aumento, próximo a un 23 por 100 (cuadro 10). Los departamentos experimentales son los que obtienen unos porcentajes medios de aumento de la producción de libros mayor (446,55 por 100), hallándose entre ellos el departamento que excepcionalmente debería aumentarlos en más de un 1.400 por 100. En este apartado todos los departamentos de Ciencias de la Salud presentan unos aumentos potenciales nulos. Los valores para Ciencias Sociales y Humanas son muy discretos respecto a los calculados para el área de Ciencias Experimentales, situándose en un 33,22 por 100 y 5,77 por 100 respectivamente. Por lo que se refiere a la publicación de artículos, los que deberían aumentar más su producción son los departamentos de Ciencias de la Salud (30,41 por 100), seguidos de los de Ciencias Experimentales (19,18 por 100). El menor aumento se observa en el área de Ciencias Humanas, con un 4,32 por 100 de media. Los mayores aumentos en calidad de la docencia podrían lograrse en los departamentos de Ciencias Experimentales (19,20 por 100) y Ciencias Sociales (13,65 por 100), mientras que en las dos áreas restantes el aumento es casi despreciable. Las Ciencias Sociales y las Experimentales son las que aparecen más distanciadas de los valores óptimos en calidad de investigación (27,93 por 100 y 38,48 por 100 respectivamente). Ciencias Humanas y Ciencias de la Salud también presentan coeficientes de aumento mayores que cero, siendo el de las primeras de un 11,84 por 100 y un 18,54 por 100 en las segundas. Globalmente podríamos afirmar que, según los resultados de esta aplicación, los departamentos del área de Ciencias Humanas son los que están más próximos a los valores que se obtendrían bajo un supuesto de funcionamiento con escala óptima.

Finalmente, en lo que respecta a los incrementos de producción atendiendo al nivel de experimentalidad (cuadro 11), se aprecia que los mayores aumentos medios en los tres primeros *outputs* de producción se dan en los departamentos con un elevado nivel de experi-

Cuadro 10
Incrementos de producción y calidad por áreas de conocimiento

| | | N.º artículos nac+int (O1) | N.º de libros+cap libros (O2) | Plan docente (O3) | Calidad docencia (O4) | Calidad investigación (O5) |
|-------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Ciencias experimentales | Media | 19,18 | 446,55 | 1,13 | 19,20 | 38,48 |
| | Máximo | 85,37 | 1.486,12 | 8,59 | 108,46 | 193,83 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 25,85 | 524,66 | 2,76 | 34,14 | 60,42 |
| Ciencias de la salud | Media | 30,41 | ,00 | 22,87 | ,00 | 18,54 |
| | Máximo | 243,29 | ,00 | 182,94 | ,00 | 148,31 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 86,02 | ,00 | 64,68 | ,00 | 52,44 |
| Ciencias sociales | Media | 14,97 | 33,22 | ,00 | 13,65 | 27,93 |
| | Máximo | 80,03 | 271,03 | ,00 | 134,59 | 112,84 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 26,31 | 73,23 | ,00 | 34,82 | 43,40 |
| Ciencias humanas | Media | 4,32 | 5,77 | ,00 | ,65 | 11,84 |
| | Máximo | 38,89 | 51,94 | ,00 | 5,89 | 106,56 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 12,96 | 17,31 | ,00 | 1,96 | 35,52 |

Fuente: autor.

Cuadro 11
Incrementos de producción y calidad por nivel de experimentalidad

| | | N.º artículos nac+int (O1) | N.º de libros+cap libros (O2) | Plan docente (O3) | Calidad docencia (O4) | Calidad investigación (O5) |
|-----------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Experimentalidad baja | Media | 11,00 | 78,32 | ,33 | 9,59 | 20,21 |
| | Máximo | 80,03 | 1.486,12 | 8,59 | 134,59 | 112,84 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 21,84 | 292,81 | 1,68 | 27,50 | 39,39 |
| Experimentalidad alta | Media | 25,79 | 186,21 | 11,61 | 9,59 | 33,32 |
| | Máximo | 243,29 | 848,93 | 182,94 | 108,46 | 193,83 |
| | Mínimo | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 | ,00 |
| | Desviación típ. | 62,04 | 337,45 | 45,69 | 27,34 | 58,82 |

Fuente: autor.

mentalidad, manteniéndose la situación, aunque en menor medida, para los porcentajes de incremento de la calidad en docencia e investigación.

Por tanto, los departamentos de experimentalidad alta son los que deberían realizar un mayor esfuerzo para aumentar sus niveles de producción y calidad, una vez ajustada su escala al nivel que permite la minimización de costes.

Debe señalarse que la evaluación de los departamentos de experimentalidad alta se ha realizado únicamente entre ellos, mientras que los de experimentalidad baja se han evaluado conjuntamente con los de experimentalidad alta. Es importante tener en cuenta este aspecto

en la interpretación de los resultados descritos anteriormente, ya que en caso contrario podrían obtenerse conclusiones discrepantes con lo que la intuición parece indicar. Tradicionalmente se ha pensado que los departamentos poco experimentales tienen una producción menor pero de mayor calidad que los experimentales. Los porcentajes de mejora de producción y calidad de los departamentos experimentales no son directamente comparables con los resultados de baja experimentalidad. En el caso de estos últimos, el análisis de los departamentos de referencia muestra que únicamente un departamento poco experimental ha sido comparado con un departamento experimental. Por tanto, puede afirmarse que, en líneas generales, los departamentos pocos experimentales han sido evaluados en la práctica únicamente entre ellos. Consecuentemente, los resultados obtenidos son siempre relativos a los grupos de evaluación utilizados.

5. Conclusiones

Las actuales tendencias que envuelven a la universidad pública española configuran un nuevo escenario en el que la correcta administración de los escasos recursos monetarios disponibles y la mejora de los niveles de producción y calidad, han pasado a ser prioritarios para los gestores de las universidades. La complejidad del proceso productivo universitario agudiza la necesidad de proporcionar a estos gestores herramientas de análisis útiles para la toma de decisiones.

Este trabajo ha presentado un modelo frontera no paramétrico del tipo FDH para el análisis de la eficiencia en costes de los departamentos universitarios, aunque se ha formulado genéricamente para facilitar su aplicación a otras organizaciones tanto públicas como privadas. El modelo determina para cada departamento analizado el exceso de coste respecto al coste óptimo que debería lograr a largo plazo tras haber eliminado todas las fuentes de ineficiencia: la técnica, la asignativa, la de utilización de la capacidad instalada y la de escala. El modelo proporciona además una gran riqueza informativa, ya que cuantifica los objetivos de mejora tanto para los *inputs* como para los *outputs*, diferenciando entre los que son alcanzables a largo y corto plazo. Una aportación teórica adicional del modelo es la propuesta de una nueva forma de introducir el supuesto de rendimientos constantes a escala de forma lineal en los modelos FDH respecto a las alternativas existentes que simplifica el proceso de cálculo.

La aplicación a los departamentos de la UAB ha permitido confirmar que su principal fuente de ineficiencia en costes viene provocada por la existencia de departamentos que no disponen de la escala adecuada. Se ha comprobado que, en general, los departamentos ineficientes en costes se caracterizan por estar sobredimensionados, apareciendo como los departamentos con mayores problemas de escala los de Ciencias Experimentales. Las diferencias a nivel de experimentalidad detectadas han sido pequeñas, observándose una mayor desviación por escala en los departamentos de experimentalidad alta. El trabajo también ha mostrado como los departamentos eficientes en costes, aparte de ser menores en general, se caracterizan por disponer de plantillas decantadas hacia una mayor proporción de profesores contratados, probablemente reflejo del proceso competitivo en el que se encuentran previa-

mente a su estabilización como personal numerario. Concretamente, los departamentos de experimentalidad alta han sido los que han mostrado mayores variaciones potenciales en cualquiera de los tres *inputs* seleccionados, poniéndose de manifiesto que son los que disponen de un mayor potencial de ahorro en costes por no operar con el rendimiento asociado a la escala óptima.

Como posibles limitaciones del trabajo citaríamos dos. En primer, la utilización de la metodología FDH con una muestra relativamente pequeña puede no haber identificado ineficiencias técnicas o asignativas existentes. No obstante, se ha decidido aplicar finalmente esta metodología por considerar que sus características y resultados ofrecen una visión más inteligible para los gestores de la universidad. En segundo lugar, nos hemos debido enfrentar a la ya clásica dificultad en la medición del *output* universitario, especialmente en su vertiente de la calidad. La utilización de las encuestas de satisfacción que complimentan los alumnos no está exenta de limitaciones y podría mejorarse, pero desafortunadamente no hemos tenido acceso a una medida homogénea de la calidad docente mejor. Por otra parte, la incorporación de la calidad de la investigación representa una mejora respecto a la mayoría de trabajos similares en este campo de aplicación. La utilización de los tramos de investigación y su corrección para tratar de homogeneizarlos entre áreas creemos que es una buena aproximación aunque, sin duda, no indiscutible.

Una línea futura de investigación derivada de este trabajo podría dirigirse hacia el análisis dinámico, identificando el efecto de cada uno de los factores explicativos del modelo presentado ante cambios en la desviación total en costes, así como el impacto del cambio tecnológico.

Notas

1. Un ejemplo de violación del supuesto de convexidad se encuentra en Hasenkamp (1976).
2. Para la producción científica se ha considerado más oportuno emplear un período más amplio, como consecuencia de los largos períodos de maduración que supone normalmente una publicación.
3. Se han incluido en un mismo *output* libros y capítulos de libros porque la base de datos utilizada sobre producción científica los presenta agrupados.
4. Las variables expresadas en términos de curso académico, se han anualizado promediando con un peso del 70 por 100 los datos del curso 98-99 y un 30 por 100 los del 97-98.
5. Estos porcentajes se han obtenido del informe de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora de 2002 (puede obtenerse el informe íntegro en <http://www.univ.mecd.es>).

Referencias

- Astin, A. W. (1985), "Achieving Educational Excellence", San Francisco: Jossey-Bass.
- Athanassopoulos, A. y E. Shale (1997), "Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis", *Education Economic*, 5(2): 117-134.

- Ball, R. y J. Halwachi (1987), "Performance Indicators in Higher Education", *Higher Education*, 16: 393-405.
- Banker, R. D. y R. C. Morey (1986), "The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 32(12): 1613-1627.
- Beasley, J. E. (1990), "Comparing University Departments", *Omega*, 18(2): 171-183.
- Beasley, J. E. (1995), "Determining Teaching and Research Efficiencies", *Journal of Operational Research Society*, 46: 441-452.
- Chang, K. (1999), "Measuring Efficiency with Quasiconcave Production Frontiers", *European Journal of Operational Research*, 115: 497-506.
- Charnes, A., W. Cooper, B. Golany, L. Seiford y J. Stutz, (1985), "Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions", *Journal of Econometrics*, 30(12): 91-107.
- Charnes, A., W. Cooper y E. Rodhes (1978), "Measuring the efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Cherchye, L., T. Kuosmanen y T. Post (2000), "What Is the Economic Meaning of FDH? A Reply to Thrall", *Journal of Productivity Analysis*, 13: 263-267.
- Cherchye, L., T. Kuosmanen y T. Post (2001), "FDH Directional Distance Functions with an Application to European Commercial Banks", *Journal of Productivity Analysis*, 15: 210-215.
- Cutt, J., L. Trotter y C. Lee (1993), "Performance Measurement and Accounting in Canadian Universities: Making a Start in the Area of Teaching", *Financial, Accountability and Management*, 9(4): 255-266.
- Deprins, D., L. Simar y H. Tulkens (1984), "Measuring Labor Efficiency in Post offices" en M. Marchand, P. Pestieu y H. Tulkens (eds.), *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurements*, Amsterdam: North Holland.
- Färe, R. y C. A. K. Lovell (1978), "Measuring the Technical Efficiency of Production", *Journal of Economic Theory*, 19: 150-162.
- Farrel, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society Series A*, 120: 253-281.
- García Valderrama, T. (1996), *La Medida y el Control de la Eficiencia en las Instituciones Universitarias*, Valencia: Sindicatura de Comptes.
- García Valderrama, T. y M. N. Gómez Aguilar (1999), "Factores Determinantes de la Eficiencia de los Grupos de Investigación en la Universidad", *Hacienda Pública Española*, 148: 131-145.
- George, M. D. (1982), "Assessing Program Quality", en R. Wilson (ed.): *Designing Academic Program Review. New Directions for Higher Education*, 37, San Francisco: Jossey-Bass.
- Giménez, V. y D. Prior (2003), "Evaluación Frontera de la Eficiencia en Costes. Aplicación a los Municipios de Cataluña", *Papeles de Economía Española*, 95: 113-124.
- Glass, J. C., D. G. Mckillop y G. O'Rourke (1998), "A Cost Indirect Evaluation of Productivity Change in UK Universities", *Journal of Productivity Analysis*, 10: 153-175.
- Hasenkamp, G. (1976), "A Study of Multiple-Output Production Functions", *Journal of Econometrics*, 4: 253-262.

- Jarrat, A. (1985), *Efficiency Studies in Universities*, London: Committee of Vice Chancellors and Principals.
- Johnes, G. y J. Johnes (1993), "Measuring the Research Performance of UK Economics Departments: An Application of Data Envelopment Analysis", *Oxford Economic Papers*, 45: 332-347.
- Kells, H. R. (1991), "The Inadequacy of Performance Indicators for Higher Education: The Need for a More Comprehensive and Development Construct", *Higher Education Management*, 2: 258-270.
- Kerstens, K. y P. Vanden Eeckaut (1999), "Estimating Returns to Scale Using Non-Parametric Deterministic Technologies: A New Method Based on Goodness-of-fit", *European Journal of Operational Research*, 113(1): 206-214
- Leibenstein, H. (1966), "Allocative Efficiency vs. X-efficiency", *American Economic Review*, 5: 392-415.
- McFadden, D. (1978): "Cost, Revenue and Profit Functions" en Fuss, M. y McFadden, D. (eds.), *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*, Amsterdam: North-Holland.
- Madden, G., S. Savage y S. Kemp (1997), "Measuring Public Sector Efficiency: A Study of Economics Departments at Australian Universities", *Education Economics*, 5(2): 153-168.
- Martínez Cabrera, M. (2000), "Análisis de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior", *Papeles de Economía Española*, 86: 179-191.
- Mora, J. G. y E. Villarreal (1996), "Financing for Quality: A New Deal in Spanish Higher Education", *Higher Education Policy*, 9(2): 175-188.
- Nerlove, M. (1965), *Estimation and Identification of Cobb-Douglas Production Functions*, Chicago: Rand McNally.
- Pina Martínez, V. y L. Torres Pradas (1995): "Evaluación del Rendimiento de los Departamentos de Contabilidad de las Universidades Españolas", *Hacienda Pública Española*, 135: 183-190.
- Sarrico, C. S., S. M. Hogan, R. G. Dyson y A. Athanassopoulos (1997), "Data Envelopment Analysis and University Selection", *Journal of Operational Research Society*, 48: 1163-1177.
- Taha, H. A. (1998), *Investigación de Operaciones. Una Introducción*, 60 edición, México: Prentice-Hall.
- Thrall, R. M. (1999), "What Is the Economic Meaning of FDH?", *Journal of Productivity Analysis*, 11: 243-250.
- Tulkens, H. (1993), "On FDH Analysis: Some Methodological Issues and Applications to Retail Banking, Courts and Urban Transit", *Journal of Productivity Analysis*, 4: 183-210.

Abstract

This work presents a new FDH model to measure cost efficiency of the university departments. The model quantifies the optimal cost that should be achieved by each department, given its observed levels of production and quality. Subsequently, the model breaks down the difference between the optimal and observed cost into four explanatory factors. Empirical application to the departments of the Universitat Autònoma de Barcelona reveals that the main source of cost inefficiency is due to scale problems.

Key words: Cost efficiency, higher education, FDH, university quality, frontier models.

JEL classification: C61, H52, I21.