

# ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Marcelino MARTÍNEZ CABRERA (\*)

## I. INTRODUCCIÓN

**E**STE trabajo se enmarca dentro de un conjunto de investigaciones económicas sobre la gestión pública que tratan de evaluar empíricamente la eficiencia productiva con la que operan las administraciones públicas. La exigencia de eficiencia económica para el sector público español se recoge en la Constitución de 1978, al señalar, en su artículo 31.2, que «el gasto público realizará una asignación equitativa de los recursos públicos y su programación y ejecución responderán a los criterios de eficiencia y economía». En concreto, esta investigación concentra su atención en analizar la eficiencia productiva de las universidades públicas españolas.

El interés que suscita esta línea de investigación está en gran medida motivado por las siguientes razones. En primer lugar, el mayor protagonismo de la intervención pública en las economías se ha traducido en una tendencia al crecimiento del gasto público. Ahora bien, para que estos crecientes recursos públicos se traduzcan en incrementos proporcionales en el bienestar social es preciso analizar el grado de eficiencia económica de los programas de gasto público. En segundo lugar, el análisis de la eficiencia en la utilización de los recursos públicos tiene especial relevancia en razón de sus implicaciones macroeconómicas. La medición de la eficiencia de las agencias públicas, en la medida en que permite detectar las fuentes de ineficiencia existentes, puede contribuir a la reducción del déficit público. En tercer lugar, los usuarios han aumentado las presiones para obtener unos mayores niveles de eficiencia y efectividad en los servicios públicos consumidos. La calidad con la que se prestan los servicios se está convirtiendo en una variable cada vez más exigida por los demandantes. En cuarto lugar, la educación, y en especial la educación superior, es considerada como una de las principales fuentes de crecimiento económico (Denison, 1962). En este sentido, podemos afirmar que desarrollar una investigación científica «pun-

ta» y contar con una mano de obra bien formada desempeñan un papel fundamental para alcanzar altas cotas de crecimiento económico. Una evaluación del rendimiento científico y académico de las universidades permitiría fomentar la competencia entre los centros, redundaría en un incremento de la eficiencia y la calidad de los servicios, y contribuiría a optimizar el rendimiento económico y social del sistema universitario. En este sentido, el primer teorema fundamental de la economía del bienestar establece la superioridad de la competencia perfecta para conseguir la máxima eficiencia en la asignación de los recursos (1). Además, parece poco prudente embarcarse en procesos de reestructuración de la educación superior, como los experimentados en España en los últimos años, sin indagar con antelación en el proceso de producción que se lleva a cabo en las universidades. En este sentido, el conocimiento del grado de eficiencia con el que desarrollan sus actividades las Universidades constituye un objetivo previo y fundamental de cualquier reforma coherente que atañe al sistema universitario. Finalmente, en España apenas existen investigaciones de carácter empírico que analicen la eficiencia de las instituciones de educación superior. Por tal motivo, esta investigación se concibe como un esfuerzo encaminado a superar ese vacío investigador, con el objetivo fundamental de ahondar en el conocimiento de la tecnología productiva de las Universidades públicas españolas y de la eficiencia con la que desarrollan su proceso productivo.

El trabajo se estructura de la forma siguiente. En primer lugar, se describe someramente el concepto de eficiencia técnica y las propiedades de una técnica basada en la programación lineal denominada Análisis Envoltente de Datos (DEA), que se aplica para la medición de la eficiencia. En segundo lugar, se analiza la naturaleza de la tecnología productiva de la educación superior. En tercer lugar, se evalúa empíricamente la eficiencia técnica en la actividad de investigación de una muestra de 23 departamentos de Fundamentos del Análisis Económico de universidades públicas españolas. En cuarto lugar, se contrasta la robustez de los resultados obtenidos a través de un análisis de sensibilidad. El trabajo finaliza con las principales conclusiones que se desprenden de esta investigación.

## II. EFICIENCIA TÉCNICA Y ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

El análisis de la eficiencia en el sector público implica mayores problemas que los que surgen en

una evaluación de la eficiencia privada. En efecto, existen numerosos problemas en la medición de la eficiencia de las agencias públicas, como por ejemplo la determinación y cuantificación del *output*, la ausencia de precios de mercado, la caracterización de la función de producción y el reconocimiento de las diferencias de calidad en la prestación de los servicios públicos.

En la teoría microeconómica de la producción, se distingue entre los conceptos de eficiencia técnica, asignativa y global. En el sector público, la evaluación de la eficiencia técnica resulta lo más apropiado, ya que tanto la eficiencia asignativa como la eficiencia global precisan información sobre los precios de los factores productivos, algo habitualmente no disponible en el ámbito público. La eficiencia técnica puede expresarse tanto en términos de *output* como de *input*. En el primer caso, representa la producción del máximo nivel de *output* posible para una combinación específica de factores, y en el segundo caso, la cantidad mínima requerida de *inputs* combinados en una determinada proporción, para obtener un nivel dado de *output*. Aunque el objetivo de las agencias públicas no es la maximización del beneficio, sí que se les exige la eficiencia en la producción de los servicios, esto es, la optimización del grado de aprovechamiento técnico de los recursos puestos al servicio de la producción pública.

En cuanto a la técnica de medición de la eficiencia, Farrell (1957) logró sentar las bases conceptuales de los métodos para medir la eficiencia productiva. Dentro de estos métodos, podemos distinguir dos tipos de enfoques: el paramétrico y el no paramétrico. El enfoque paramétrico se basa en la estimación econométrica de fronteras de producción (Aigner *et al.*, 1977). Este enfoque exige asumir una forma funcional explícita para la tecnología de producción (Cobb-Douglas, translogarítmica, etcétera) y para la distribución de los residuos. Los métodos paramétricos son métodos poco flexibles. En este sentido, errores en la especificación de la forma funcional pueden introducir sesgos en los resultados. La segunda aproximación posible para estimar la eficiencia técnica es el enfoque no paramétrico. En este enfoque, las estimaciones se obtienen a través de técnicas de programación lineal. En este caso, no resulta necesario especificar una forma funcional específica para la función de producción. Únicamente se exige que el conjunto de posibilidades de producción cumpla una serie de propiedades, como por ejemplo libre disponibilidad de *inputs* y *outputs*, convexidad y rendimientos constantes o variables a escala (2). En el enfoque no paramétrico, la técnica fundamental para medir

la eficiencia es el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Esta técnica presenta como ventajas su gran flexibilidad y la ausencia de errores de especificación, al no ser preciso optar por ninguna forma funcional explícita para definir la función de producción. Además, permite modelizar funciones de producción multiproducto. Una ventaja adicional de los modelos DEA, en relación con las aproximaciones econométricas, es que ofrecen información particularizada para cada unidad productiva, que resulta de enorme interés desde el punto de vista de la gestión microeconómica. Sin embargo, presenta el inconveniente de ser una técnica determinista, por lo que la presencia de observaciones atípicas puede sesgar las medidas de eficiencia obtenidas imputando a la ineficiencia cualquier *shock* de carácter aleatorio.

El Análisis Envolvente de Datos se formula como un problema de optimización matemática condicionada. En particular, el modelo que se aplica en esta investigación se define en términos de maximización del *output*, y se caracteriza por definir una tecnología con rendimientos constantes de escala. Este modelo se define de la siguiente forma:

$$\text{Max } \theta_0 + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^+ + \sum_{r=1}^s s_r^- \right) \quad [1]$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^+ = x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^- = \theta_0 y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0; s_i^+ \geq 0; s_r^- \geq 0$$

La unidad productiva cuya eficiencia se va a evaluar se denota por el subíndice 0;  $y_{rj}$  y  $x_{ij}$  representan, respectivamente, las cantidades de *output*  $r$  y de *input*  $i$  de la entidad  $j$ . La variable  $\theta_0$  representa la *ratio* de eficiencia de la unidad productiva cuya eficiencia se está evaluando. Las variables  $\lambda_j$  son los parámetros a partir de los cuales se definen las observaciones muestrales que constituirán el grupo de referencia de la unidad productiva objeto de evaluación, con respecto al cual se mide la eficiencia en términos relativos, y conforman, junto con  $\theta_0$ , las variables a calcular en el modelo. Las variables  $s_i^+$  y  $s_r^-$  son las variables de holgura de cada una de las  $m + s$  restricciones del modelo (3). Los índices de eficiencia,  $\theta_0$ , tomarán un valor igual o superior a 100. Una unidad productiva será eficiente sólo si la eficiencia es de 100 y todas las variables de holgura son nulas. En este caso, el departamento en cuestión obtiene la máxima produc-

ción posible a partir de los recursos de que dispone, y por tanto es eficiente. Un índice superior a 100 será reflejo de que el departamento podría incrementar su producción en una proporción igual a  $(\theta_0 - 100)$  por 100, sin alterar su nivel actual de recursos, para comportarse de forma eficiente. Alternativamente, los resultados que se ofrecen en esta investigación expresan los índices de eficiencia como un valor menor o igual a 100 (4). En este caso, un índice inferior a 100 será reflejo de que el departamento en cuestión podría incrementar su producción en una proporción igual a  $(100 - 1/\theta_0)$  por 100, sin alterar su nivel actual de recursos, para comportarse de forma eficiente. Además, si alguna de las variables de holgura asociada a los *inputs*,  $s_i^-$ , toma un valor positivo, entonces el *input*  $i$  puede reducirse en la cuantía  $s_i^-$  sin alterar los restantes *inputs* y *outputs*. Si la variable de holgura que resulta positiva afecta a una restricción de *outputs*,  $s_r^+$ , entonces es posible aumentar la cantidad producida de este *output*  $r$  específico sin alterar los restantes *inputs* y *outputs*. En el modelo anterior, las  $m$  primeras restricciones tratan de determinar si existe alguna entidad que utilice menos *inputs* que los consumidos por la entidad evaluada. Las  $s$  restricciones siguientes garantizan que la comparación se establecerá con aquellas unidades que además produzcan al menos lo mismo que ella. Estos niveles de *inputs* y *outputs* de referencia se generan como combinaciones lineales de las cantidades utilizadas por las entidades reales que forman parte del grupo de referencia, que matemáticamente se corresponden con aquellas unidades productivas para las que  $\lambda_i > 0$ .

### III. LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN Y LA EFICIENCIA DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

La evaluación de la eficiencia exige la definición —implícita o explícita, según la técnica aplicada— de una función de producción que caracterice el proceso productivo. Por esta razón, en este apartado se indaga en la naturaleza de la tecnología de producción de la educación superior. La revisión de los fundamentos teóricos de la economía de la educación, y la evidencia empírica que suministran las principales investigaciones económicas sobre funciones de producción en la educación superior, nos permitirán obtener una serie de argumentos con los que fundamentar la estimación de la función de producción que se formula más adelante.

La evaluación de la eficiencia técnica en las instituciones de educación superior se ha efectuado

considerando distintas unidades de análisis. El nivel institucional objeto de evaluación va a condicionar, tanto conceptualmente como por la disponibilidad de datos, la selección de las variables *outputs* e *inputs* que van a caracterizar la función de producción. La revisión de la literatura revela que la mayor parte de los análisis de eficiencia que evalúan a la Universidad en su conjunto se concentran fundamentalmente en la producción de docencia, considerando únicamente los fondos de investigación (5) como una variable *proxy* de la producción científica (Ahn *et al.*, 1988), mientras que la mayor parte de los análisis que evalúan departamentos universitarios se concentran en la producción de investigación (Johnes y Johnes, 1993 y 1995), considerando sólo en algunos casos el número de alumnos matriculados como una *proxy* de la producción docente (Tomkins y Green, 1988).

La aplicación que se realiza en esta investigación selecciona una muestra de departamentos universitarios. Para este nivel institucional, la escasez de datos estadísticos sobre la actividad docente impide la inclusión de medidas de *output* docente en la función de producción. En este sentido, la docencia es un *output* que se presta a ser evaluado con mayor sencillez al nivel de la Facultad o de la Universidad en su conjunto, pues sólo para estos niveles se dispone de indicadores habitualmente utilizados en economía de la educación para medir el rendimiento docente, como por ejemplo las tasas de graduación, el número de alumnos graduados, las tasas de fracaso escolar, las tasas de empleo o los ingresos de los graduados. Por otra parte, el número de alumnos matriculados no es un indicador representativo del rendimiento productivo de los departamentos de Universidad españoles, dadas las específicas características de nuestro marco institucional. En este sentido, la demanda de las universidades está exógenamente determinada, y por ello está totalmente desvinculada de la eficiencia con la que operan los centros. Esto permite a las universidades contar con usuarios de forma garantizada, independientemente de cuáles sean los resultados de su gestión. Desafortunadamente, ninguno de estos indicadores está disponible para la muestra de departamentos que utilizamos en la investigación empírica.

La conceptualización del producto de las universidades y su traducción a indicadores de rendimiento presenta una gran complejidad. Los objetivos fundamentales de la Universidad son la producción de investigación y docencia de calidad. La producción de investigación es relativamente fácil de evaluar a través de las publicaciones científicas, medidas por su factor de impacto. Por el con-

trario, la evaluación de la calidad de la docencia conlleva mayor imprecisión y un coste normalmente superior (Sarrico, 1998; Cave *et al.*, 1991). De esta manera, una vez seleccionado un determinado nivel institucional, la complejidad del proceso productivo exige descartar la medición de todas las dimensiones que conlleva el producto total de la educación superior, por lo que debemos concentrar nuestra investigación sobre un producto relativo y parcial, especialmente desde el punto de vista de su evaluación y control (6). Por este motivo, en la evaluación del rendimiento productivo de las universidades, Osborne y Gaebler (1992), Paardekoope y Spee (1990) y Sizer (1990) recomiendan un sistema de evaluación que haga uso tanto de métodos cuantitativos basados en indicadores de rendimiento como en evaluaciones de naturaleza más cualitativa, como por ejemplo la evaluación por los colegas (*peer review*) y las encuestas de opinión de los alumnos, que permitan controlar las dimensiones más cualitativas del producto educativo.

Un problema potencial que podría derivarse al no definir en la función de producción medidas de *output* docente es el que se plantea como consecuencia del *trade off* que puede existir entre la actividad docente y la investigadora. En efecto, si un departamento resulta ineficiente en la actividad de investigación, hay que analizar si esta ineficiencia obedece a su escaso rendimiento en la actividad científica o a que este departamento soporta una carga docente tan alta que le impide destinar tiempo a la actividad de investigación en presencia de una restricción temporal. En este caso, más que para formar parte de la propia función de producción, la actividad docente sería una variable relevante en una segunda fase del análisis para explicar los índices de eficiencia obtenidos en la estimación de una función de producción para la actividad de investigación. Por otra parte, el planteamiento anterior también sugiere que el tiempo disponible para investigar, una vez que los compromisos docentes han sido deducidos, podría potencialmente representar un *input* en el proceso productivo de investigación (véase Johnes y Johnes, 1995). Asimismo, en las instituciones de educación superior también pueden aparecer sinergias como resultado de la producción conjunta de docencia e investigación. La investigación puede incidir positivamente en la calidad de la docencia, la especialización del tercer ciclo, el diseño del currículo y la provisión de equipos e infraestructuras para emplear en actividades docentes (7).

## Incentivos y evaluación del desempeño en la Universidad

Con frecuencia se defiende la retribución a los profesores de Universidad con base en un esquema de incentivos ligado a la productividad (De la Fuente, 1995). En este sentido, la evaluación del rendimiento productivo es una exigencia previa a la retribución basada en un esquema de incentivos ligado a la productividad. Ahora bien, uno de los aspectos más problemáticos del empleo de incentivos es la existencia de producciones de naturaleza básicamente cualitativa, que resultan difíciles de medir. Si entre los múltiples objetivos del proceso productivo se cuenta con una producción de naturaleza cualitativa escasamente susceptible de medición, el uso de incentivos ligados a indicadores cuantitativos puede provocar ajustes en las dimensiones no medibles, sin mejora alguna o incluso con un empeoramiento para el principal. Según hemos señalado, la producción docente es la que entraña más dificultades de evaluar. Por consiguiente, resulta difícil diseñar un esquema de incentivos basado en la calidad docente. En este contexto, la implantación de un esquema de incentivos ligado exclusivamente a la productividad en la investigación puede acarrear consecuencias negativas sobre el *output* docente. Por tanto, la introducción de un esquema retributivo ligado a una evaluación a través de indicadores de rendimiento puede provocar que los profesores dediquen más esfuerzos a la actividad de investigación que a la de docencia en la medida en que el rendimiento marginal de la primera sea superior al de la segunda. Este problema constituye un ejemplo del principio de igualdad de las compensaciones (Milgrom y Roberts, 1992). Según este principio, si la asignación del tiempo del agente a más de una actividad no puede ser supervisada por el principal, entonces, o bien el rendimiento marginal de todas las actividades es el mismo (ausencia de incentivos), o bien la actividad con menos rendimiento marginal, en este caso la calidad de la docencia, no recibirá la atención que debiera. El riesgo que se ilustra en este ejemplo podría limitarse de tres formas: mediante la especialización del profesorado en tareas exclusivamente docentes o investigadoras; en segundo lugar, minimizando el papel de los incentivos y, por último, invirtiendo recursos para elaborar indicadores precisos del rendimiento productivo, en especial de la calidad del *output* docente, que deberían incluirse en el contrato de incentivos.

La Universidad pública española ofrece incentivos basados en la evaluación periódica del desempeño docente y de la actividad investigadora. Las

evaluaciones positivas se acumulan en el tiempo, lo que evita *el efecto trinquete* (8), esto es, que los mejores años iniciales puedan penalizar el desempeño futuro, y la remuneración por incentivos se percibe sólo en régimen de dedicación a tiempo completo, con lo que se pretende estimular la plena dedicación. En España, existe una Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora (CNEAI) encargada de la evaluación del rendimiento investigador, que establece un sistema de incentivos retributivos en función de los resultados que cada investigador obtiene cada seis años en la evaluación. Por otro lado, se encomienda a las propias universidades una evaluación quinquenal del desempeño docente (9). La retribución de la actividad investigadora posee un componente de productividad ligado al rendimiento, en tanto que la actividad docente cuenta con un complemento de sueldo que se concede casi de forma automática, sin mediar en la calidad de la docencia que se imparte. Además, la propia naturaleza de cada *output* explica el diferencial en sus rendimientos marginales. Como señalan Siegfried y Rendigs (1979) y Cave *et alii* (1991), la investigación es una actividad con un alcance internacional o nacional, y reporta a los investigadores la utilidad derivada del reconocimiento de la comunidad científica a través de publicaciones y distinciones científicas. Mientras que la actividad docente constituye un *output* con un alcance de naturaleza mucho más local.

Por lo general, las decisiones de contratación de profesores en las universidades públicas españolas se realizan básicamente en función de las necesidades docentes (10). Así por ejemplo, el decreto que regula las normas básicas para la creación de universidades públicas y privadas establece que el número total de personal docente de cada Universidad no podrá ser inferior del que resulte de aplicar la relación 1/25 respecto al número de alumnos (11). Para las licenciaturas de Ciencias Económicas y Empresariales que se imparten en las universidades públicas, la *ratio* alumnos-profesor es bastante similar en todas ellas, con un valor medio de 28,97 y una desviación típica de 12,54. En principio, este resultado parece lógico en la medida en que todos los departamentos están sujetos a un mismo marco institucional y a una regulación común (12). Sin embargo, generalmente los méritos en investigación tienen más valor que los docentes en la selección y promoción del profesorado. En conclusión, las medidas orientadas a mejorar el rendimiento de la investigación en la Universidad pueden afectar a la docencia, y viceversa. Por consiguiente, estas conexiones que se derivan del proceso de producción conjunto no deberían ser igno-

radas en el diseño de políticas educativas y en los sistemas de evaluación del rendimiento productivo de las instituciones de educación superior.

#### **IV. LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LOS DEPARTAMENTOS DE FUNDAMENTOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO**

En este apartado, se aporta evidencia empírica de la medición de la eficiencia técnica en la actividad de investigación en una muestra de 23 departamentos de Fundamentos del Análisis Económico de las universidades públicas españolas. Esta aplicación revela el enorme potencial que ofrece el Análisis Envolvente de Datos en la evaluación del rendimiento productivo de los departamentos universitarios.

##### **1. La muestra y las variables de la función de producción**

La medición de la eficiencia en términos relativos explica la especial importancia que posee disponer de una muestra con un alto grado de homogeneidad. La evaluación de la eficiencia exige que las unidades productivas de la muestra compartan una misma tecnología de producción y estén sujetas a un mismo marco institucional. En esta investigación, la muestra seleccionada está formada por los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico de las universidades públicas españolas que en el curso 1994-1995 impartían la Licenciatura de Ciencias Económicas y Empresariales (rama Económicas) o bien la nueva Licenciatura de Economía. En algunas universidades, la unidad de Fundamentos del Análisis Económico es tan sólo un área de conocimiento que se encuadra en un departamento de dimensión mayor. En estos casos, únicamente se evalúa la eficiencia del área de Fundamentos del Análisis Económico, y no la de todo el departamento (13). Desafortunadamente, no se han encontrado datos estadísticos disponibles para los departamentos de las universidades de Barcelona y de Málaga. Algunos departamentos presentan un valor cero en alguno de los *outputs*, lo que no representa un problema para la medición de la eficiencia (véase Sarafoglou y Haynes, 1996). Sin embargo, la Universidad de Cantabria presenta un valor cero en algún *input*, y esto sí que imposibilita la medición de la eficiencia, por lo que finalmente se ha debido eliminar de la muestra (14). La muestra final está formada por 23 departamentos

de Fundamentos del Análisis Económico (15). Por tanto, los centros objeto de análisis son muy homogéneos y presentan características productivas e institucionales idénticas. El período objeto de evaluación es el curso académico 1994-1995.

Los datos utilizados en esta investigación empírica proceden de las memorias de investigación que elabora anualmente cada Universidad con la información que proviene de los distintos departamentos universitarios, facultades y otros centros de la Universidad. A continuación, enumeramos las variables utilizadas para caracterizar la tecnología de producción en la actividad de investigación de los departamentos universitarios. En cuanto a los *outputs* que definen la función de producción se incluyen el número de artículos y capítulos en libros internacionales (RECAINT), el número de artículos y capítulos en libros nacionales (RECANA), el número de libros (LIBROS) y el número de tesis doctorales (TESIS). Por tanto, clasificaremos la producción científica según tenga un alcance nacional o internacional (Sarafoglou y Haynes, 1996). En general, la producción científica de los departamentos de Economía españoles tiende a publicarse en revistas de ámbito nacional que no se encuentran recogidas en la base de datos del *Social Science Citation Index* (SSCI). Además, según señala Vidal (1995), no existe ninguna fuente adecuada que permita realizar estudios bibliométricos en ciencias sociales, jurídicas y humanidades en España (16). Esto imposibilita disponer de un factor de impacto asociado a las revistas académicas españolas. Estas variables *outputs* se corresponden con la producción científica realizada en los años 1993-1994 y 1994-1995.

Los *inputs* que caracterizan la tecnología de producción son los profesores numerarios (NUM) y los profesores no numerarios (NONUM). En el *Manual de Frascati* se sugieren dos formas de incluir la dedicación del profesorado. En primer lugar, a través

de una medida del número de profesores equivalentes a tiempo completo (ETC), o bien diferenciando entre el número total de profesores con dedicación a tiempo completo y a tiempo parcial. La medida de ETC es una medida más aproximada de los auténticos recursos reales empleados en la actividad de investigación (17). Por el contrario, un mero recuento del número de personas empleadas en actividades de I+D puede conducir a una sobreestimación de los resultados. Desafortunadamente, la limitación de datos estadísticos imposibilita calcular una medida de ETC del profesorado del departamento, por lo que las variables de *inputs* expresan el número total de profesores. A efectos del cómputo del número de profesores, dos dedicaciones a tiempo parcial se consideran equivalentes a una a tiempo completo. Este criterio es utilizado con frecuencia en estadísticas de trabajo internacionales, e incluso por el propio Ministerio de Educación (18). Los datos del profesorado corresponden al año 1994-1995. La escasez de datos estadísticos también ha impedido disponer de alguna medida *proxy* del factor capital, como por ejemplo los gastos corrientes del departamento o los fondos de investigación conseguidos. No obstante, las unidades productivas analizadas son intensivas en factor trabajo. En definitiva, las variables descritas para caracterizar la función de producción reflejan, en esencia, la actividad productiva de investigación de los departamentos académicos. En el cuadro número 1 se muestran sus estadísticos descriptivos.

El número de variables utilizadas en el análisis afecta a la capacidad de discriminación de la técnica envolvente de datos en el sentido de que cuanto mayor es el número de variables en relación con el número de observaciones que componen la muestra, mayor será la probabilidad que tiene cada una de ellas de presentar un buen comportamiento en alguna de las variables analizadas, y de

CUADRO N.º 1

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

| VARIABLE                        | Media | Std Dev | Coef. Variación | Mínimo | Máximo |
|---------------------------------|-------|---------|-----------------|--------|--------|
| Profesores numerarios.....      | 15,83 | 10,21   | 0,64            | 1,00   | 39,00  |
| Profesores no numerarios .....  | 15,96 | 9,99    | 0,63            | 4,50   | 38,50  |
| Artículos internacionales ..... | 12,00 | 16,10   | 1,34            | 0,00   | 56,00  |
| Artículos nacionales.....       | 16,22 | 14,63   | 0,90            | 1,00   | 49,00  |
| Libros .....                    | 4,13  | 3,48    | 0,84            | 0,00   | 13,00  |
| Tesis.....                      | 3,13  | 2,82    | 0,90            | 0,00   | 10,00  |

conseguir por tanto un índice de eficiencia igual a 100 (19). Por consiguiente, el limitado tamaño de la muestra disponible exige restringir el número de variables que definen la función de producción para que la técnica sea realmente discriminatoria (20).

## 2. Resultados empíricos: los índices de eficiencia

La evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos puede realizarse aplicando diferentes modelos. Esta circunstancia exige valorar la idoneidad de cada modelo en el contexto particular objeto de evaluación. A continuación, caracterizamos la naturaleza del modelo envolvente de datos que se va a aplicar, para lo cual especificaremos la orientación del modelo y el tipo de rendimientos a escala que exhibe la tecnología de producción.

Asociada a una determinada formulación de la función objetivo del problema de programación lineal, ya sea una orientación *output* o *input*, hay una presunción respecto a la endogeneidad o exogeneidad de productos o factores en los procesos productivos. En el contexto específico de los departamentos universitarios, existen restricciones de tipo institucional que pueden impedir mejorar los niveles de eficiencia. En particular, la naturaleza vitalicia de parte del profesorado de Universidad imposibilita realizar recortes de la plantilla no sólo en el corto plazo, sino también en el largo plazo (21). En la medida en que la posibilidad de control por parte de los departamentos se ejerce sobre los *outputs*, mientras que parte de los *inputs* le vienen dados, la evaluación debería hacerse en términos de maximización del *output*. Los objetivos pueden ir más orientados hacia la obtención de mayores niveles de producción a partir de los recursos disponibles, en lugar de a una minimización de *inputs* sobre los que no se dispone de control.

A través de tres procedimientos alternativos, se evidencia que la tecnología de producción del sector exhibe rendimientos constantes a escala. En primer lugar, el tamaño del departamento, aproximado por su número de profesores, no constituye una variable estadísticamente significativa para explicar los diferenciales de eficiencia de los departamentos. En segundo lugar, aplicamos una batería de contrastes no paramétricos sobre los índices de eficiencia como el test de Mann-Whitney o el de Kolmogorov-Smirnov, los cuales evidencian que no existen diferencias estadísticamente significativas

entre las distribuciones de probabilidad de los índices de eficiencia obtenidos con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables a escala. Finalmente, el coeficiente de correlación entre los índices de eficiencia que se obtienen cuando la tecnología exhibe rendimientos constantes a escala y cuando presenta rendimientos variables a escala asciende a un 79,39 por 100.

Resulta de interés incorporar una serie de restricciones técnico-productivas en el modelo [1] anterior (22). La introducción de este tipo de restricciones puede justificarse por los siguientes factores. En primer lugar, debería evitarse que los departamentos se revelen eficientes por su actuación en una única dimensión del proceso productivo, con independencia de su comportamiento en las restantes dimensiones. Una utilidad añadida de estas restricciones es la de detectar *outliers*, esto es, entidades que pueden considerarse como atípicas en sus procesos productivos. La introducción de estas restricciones contribuye a mejorar el poder discriminatorio del Análisis Envolvente de Datos. Finalmente, la introducción de restricciones técnico-productivo ofrece la posibilidad de incorporar criterios de calidad en la evaluación de la eficiencia, en la medida en que van a reflejar la importancia relativa de los diferentes *outputs* que definen la función de producción. En este sentido, consideraremos que el *output* con una importancia relativa mayor son los artículos en revistas académicas. A su vez, concedemos una importancia mayor o igual a los artículos internacionales que a los artículos en revistas nacionales. De este modo, atribuímos un factor de calidad a aquellas investigaciones que tienen un impacto o repercusión internacional. Vidal (1995), Gordon (1980) y Sanz *et al.* (1997) demuestran que, en media, los científicos que trabajan en grupo exhiben una mayor productividad medida por el factor de impacto de las revistas en que publican. Por consiguiente, si las publicaciones internacionales con factores de impacto altos son las que en media consumen más recursos, parece lógico atribuir a este *output* una importancia relativa superior. También consideraremos que la importancia relativa de las tesis doctorales es mayor o igual que la producción de libros. La razón fundamental de este criterio es que las tesis doctorales constituyen investigaciones originales, mientras que ésta no siempre es una característica de los libros. Así, con frecuencia, los libros constituyen manuales de texto más orientados a la docencia que a la producción científica original. Finalmente consideraremos que en la evaluación de la eficiencia de cada departamento no se puede atribuir a las tesis doctorales una importancia superior al doble de

la asignada a los artículos en revistas nacionales. En definitiva, como señala Beasley (1990), la introducción de restricciones de carácter técnico-productivo permite explicitar en el modelo cualquier objetivo del *policy maker* respecto a la importancia relativa de cada uno de los *outputs* que caracterizan la función de producción.

La aplicación del modelo [1], introduciendo las restricciones técnico-productivas anteriormente descritas, nos permite obtener la eficiencia técnica asociada a cada departamento universitario, tal y como se muestra en el cuadro n.º 2.

Los resultados obtenidos revelan que la eficiencia media de todo el sector es de 63,99 por 100, y si sólo se consideran a los departamentos ineficientes, se reduce a un 53,99 por 100. Por consiguiente, existe un significativo margen de mejora potencial en el rendimiento productivo de los departamentos. El número de departamentos eficientes es de 5, lo que representa el 21,74 por 100 de la muestra. Los departamentos que se revelan como eficientes son los de las universidades de Alcalá de Henares (UAH), Alicante (UAL), Autónoma de Bar-

celona (UAB), País Vasco (UPV) y Pompeu Fabra (UPF).

En ausencia de las restricciones técnico-productivas incorporadas en el modelo [1], el índice de eficiencia se interpreta como una medida radial que permite obtener la contracción de *inputs* o la expansión de *outputs* que resulta necesaria para que una unidad productiva sea eficiente. El hecho de que constituya una medida radial implica que la eficiencia de una entidad se alcanzará a través de una contracción en todos los *inputs* o, alternativamente, una expansión en todos los *outputs* en el mismo porcentaje. Esta interpretación radial de los índices de eficiencia no necesariamente se mantiene en presencia de estas restricciones técnico-productivas. En este caso, los índices de eficiencia suministran una medida resumen de la distancia entre los niveles reales de *inputs* y *outputs* y los niveles que resultan eficientes. Y la eficiencia de una unidad productiva se alcanzará cuando se cumplan los objetivos de producción y consumo óptimos que se obtienen al resolver el modelo.

### 3. Caracterización de los departamentos ineficientes: los objetivos de producción y consumo óptimos

La interpretación de los resultados obtenidos implica caracterizar y explicar el grado y fuentes de la ineficiencia observada. Una unidad productiva nunca será considerada eficiente si se ha encontrado otra que, con los mismos recursos, puede producir más, o bien que es capaz de producir el mismo nivel de *outputs* con una cantidad menor de *inputs*. El Análisis Envolvente de Datos proporciona los objetivos de producción y consumo óptimos que las unidades productivas ineficientes deben alcanzar para ser consideradas eficientes. El cuadro n.º 3 muestra las reducciones porcentuales de los *inputs*, así como los incrementos porcentuales totales de producción, que serían necesarios para que los departamentos ineficientes dejaran de serlo.

En media, el conjunto de departamentos ineficientes necesita reducir la plantilla de profesores numerarios en un 10,2 por 100, y la de profesores no numerarios, en un 24,4 por 100. Los objetivos de producción óptimos para los *outputs* consisten en un incremento de los artículos y capítulos en libros internacionales del 193,11 por 100, un incremento potencial para los artículos y capítulos en libros nacionales del 224,72 por 100, y del 86,03 por 100 en la producción de libros. En cuanto a la producción de tesis doctorales, se observa que para

CUADRO N.º 2

#### ÍNDICES DE EFICIENCIA

| Departamentos de Fundamentos del Análisis Económico Universidades | Índice de Eficiencia |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Alcalá de Henares (UAH) .....                                     | 100,00               |
| Alicante (UAL) .....                                              | 100,00               |
| Autónoma de Barcelona (UAB) .....                                 | 100,00               |
| Autónoma de Madrid (UAM) I .....                                  | 21,82                |
| Autónoma de Madrid (UAM) II .....                                 | 81,71                |
| Carlos III de Madrid (UCAR) .....                                 | 90,99                |
| Castilla-La Mancha (UCLM) .....                                   | 55,38                |
| Complutense de Madrid (UCM) I .....                               | 62,91                |
| Complutense de Madrid (UCM) II .....                              | 74,55                |
| La Coruña (ULC) .....                                             | 23,40                |
| La Laguna (ULL) .....                                             | 63,67                |
| Murcia (UMU) .....                                                | 80,95                |
| Oviedo (UOV) .....                                                | 12,78                |
| País Vasco (UPV) .....                                            | 100,00               |
| Pompeu Fabra (UPF) .....                                          | 100,00               |
| Pública de Navarra (UPNA) .....                                   | 34,82                |
| Salamanca (USA) .....                                             | 56,57                |
| Santiago de Compostela (USC) .....                                | 81,23                |
| Sevilla (USE) .....                                               | 24,62                |
| Valencia (UVEG) .....                                             | 47,27                |
| Valladolid (UVA) .....                                            | 64,62                |
| Vigo (UVI) .....                                                  | 26,04                |
| Zaragoza (UZA) .....                                              | 68,42                |
| Eficiencia media .....                                            | 63,99                |

CUADRO N.º 3

**REDUCCIÓN POTENCIAL EN LOS *INPUTS* E INCREMENTO POTENCIAL EN LOS *OUTPUTS*  
DE LOS DEPARTAMENTOS INEFICIENTES  
(Porcentaje)**

| Departamentos Ineficientes<br>Universidades | Profesor<br>numerario | Profesor<br>no numerario | Artículos<br>internacionales | Artículos<br>nacionales | Libros | Tesis  |
|---------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|--------|--------|
| Oviedo (UOV) .....                          | 0,0                   | 3,7                      | 0,0                          | 853,3                   | 188,9  | 116,7  |
| Autónoma de Madrid (UAM) I .....            | 35,5                  | 0,0                      | 816,7                        | 307,4                   | 566,7  | 0,0    |
| La Coruña (ULC) .....                       | 5,6                   | 0,0                      | 978,2                        | 352,3                   | 227,6  | 2,0    |
| Sevilla (USE) .....                         | 0,0                   | 57,9                     | 450,0                        | 340,0                   | 166,7  | 100,0  |
| Vigo (UVI) .....                            | 0,0                   | 48,0                     | 0,0                          | 376,7                   | 116,7  | -45,8  |
| Pública de Navarra (UPNA) .....             | 0,0                   | 0,0                      | 187,2                        | 187,2                   | 0,0    | 0,0    |
| Valencia (UVEG) .....                       | 0,0                   | 3,0                      | 111,5                        | 140,7                   | 66,2   | 27,8   |
| Castilla-La Mancha (UCLM) .....             | 0,0                   | 87,5                     | 0,0                          | 266,7                   | -66,7  | 0,0    |
| Salamanca (USA) .....                       | 61,2                  | 0,0                      | 76,8                         | 76,8                    | 0,0    | 0,0    |
| Complutense de Madrid (UCM) I .....         | 40,0                  | 0,0                      | 209,4                        | 54,7                    | 12,5   | 12,5   |
| La Laguna (ULL) .....                       | 0,0                   | 63,2                     | 220,8                        | 327,8                   | 133,3  | -85,4  |
| Valladolid (UVA) .....                      | 0,0                   | 0,0                      | 0,0                          | 27,5                    | 33,3   | 33,3   |
| Zaragoza (UZA) .....                        | 0,0                   | 14,2                     | 46,2                         | 77,7                    | 4,6    | -18,5  |
| Complutense de Madrid (UCM) II .....        | 0,0                   | 0,0                      | 34,1                         | 66,1                    | 12,6   | -24,3  |
| Murcia (UMU) .....                          | 40,6                  | 0,0                      | 312,8                        | 37,4                    | -20,9  | -72,9  |
| Santiago de Compostela (USC) .....          | 0,0                   | 78,3                     | 0,0                          | 129,2                   | -79,2  | -66,7  |
| Autónoma de Madrid (UAM) II .....           | 0,0                   | 48,3                     | 22,4                         | 413,6                   | -63,9  | -58,1  |
| Carlos III de Madrid (UCAR) .....           | 0,0                   | 34,7                     | 9,9                          | 9,9                     | 250,1  | 227,7  |
| Media .....                                 | 10,2                  | 24,4                     | 193,11                       | 224,72                  | 86,03  | -77,79 |

algunos departamentos ineficientes, especialmente los departamentos de las universidades de La Laguna (ULL), Murcia (UMU) y Santiago de Compostela (USC), la consecución de la eficiencia exige la reducción del número de tesis doctorales producidas. Cuando se analiza la composición del *output* en estos departamentos resulta que la producción de tesis doctorales es relativamente alta en comparación con la producción de otro tipo de *outputs*. En este sentido, resulta difícil de aceptar, en especial cuando el porcentaje de doctores en el departamento es elevado, que el rendimiento en investigación de un departamento sea bajo, que publique un escaso número de artículos en revistas y, sin embargo, su producción de tesis doctorales sea bastante elevada. Para el conjunto de departamentos ineficientes, la reducción potencial de tesis doctorales es de un 77,79 por 100 (23). Si el modelo no incorpora restricciones técnico-productivas, los objetivos de producción y consumo óptimos cumplen dos características. En primer lugar, estos objetivos preservan la composición *input-output* de las unidades productivas, y en segundo lugar, los objetivos de producción de *outputs* y de consumo de factores no son menores o no son mayores respectivamente que los niveles actuales de *inputs* y de *outputs*. Estas dos características se pierden

cuando se introducen las restricciones técnico-productivas. En este caso, los objetivos de producción y consumo óptimos pueden implicar un deterioro respecto a alguno de los niveles actuales de *inputs* o de *outputs*, así como un cambio sustancial respecto a la composición actual de los niveles de *inputs* y *outputs*. Cuando los objetivos de producción y consumo ofrecen una composición *input-output* muy diferente, significa que la unidad productiva que se evalúa está dirigiendo sus esfuerzos hacia *inputs* y *outputs* menos importantes, y los objetivos óptimos, así como las unidades que forman su grupo de referencia, indicarían una reorientación en el énfasis que la entidad debería dar a cada variable *input* y *output* para llegar a alcanzar la eficiencia.

Estos objetivos de producción y consumo para los departamentos ineficientes deben interpretarse con mucha prudencia. Resultaría simplista suponer que los problemas de los departamentos ineficientes podrían resolverse automáticamente modificando la actividad productiva con arreglo a estos valores óptimos. La producción viene condicionada por múltiples factores, algunos incluso ajenos al control de los gestores de los departamentos. Además, los resultados anteriores se derivan de una evaluación del rendimiento productivo en un momento

concreto del tiempo. La adopción de medidas correctoras en los departamentos ineficientes exige que se compruebe la robustez de las estimaciones obtenidas a lo largo de un período de tiempo más amplio. Un diagnóstico exhaustivo de la ineficiencia evaluada en los departamentos requiere investigar las circunstancias particulares de cada departamento que pueden explicar su situación en los años objeto de análisis. Esta información, cuando se extiende a un período temporal largo en el que se confirma la estabilidad de los resultados obtenidos, se convierte en un instrumento de enorme interés a la hora de orientar las acciones correctoras fundamentales, encaminadas a optimizar el rendimiento productivo de las instituciones de educación superior.

## V. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LOS RESULTADOS

El Análisis Envolvente de Datos es una técnica de naturaleza determinista, lo que implica que no se dispone de un criterio estadístico que permita

valorar la bondad de los resultados obtenidos. Por tanto, los resultados obtenidos pueden ser muy sensibles a errores de medida en las variables *input* y *output* y a perturbaciones aleatorias. Por este motivo, contrastaremos la robustez de los resultados estudiando su sensibilidad ante especificaciones alternativas de las variables que caracterizan la función de producción.

En el cuadro n.º 4 se muestran los índices de eficiencia que obtienen los departamentos bajo seis especificaciones distintas de las variables que caracterizan la función de producción. El modelo 1 es el modelo con restricciones técnico-productivas que se ha estimado anteriormente, incluyendo como *inputs* las variables Num y Nonum, y como *outputs*, las variables Recaint, Recana, Libros y Tesis. En los modelos 2, 3 y 4 se realiza un análisis de sensibilidad en los *outputs* sin alterar las variables *inputs*. Así, en el modelo 2, los *outputs* son Recaint y Recana; en el modelo 3, los *outputs* son Recaint, Recana y Tesis, y en el modelo 4, los *outputs* son Recaint, Recana y Libros. En los modelos 5 y 6, se realiza un análisis de sensibilidad en los *inputs* sin alterar los *outputs* del modelo 1. Así, los *inputs* del

CUADRO N.º 4

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

| Departamentos de Fundamentos del Análisis Económico<br>Universidades | DEA 1  | DEA 2  | DEA 3  | DEA 4  | DEA 5  | DEA 6  |
|----------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Alcalá de Henares (UAH) .....                                        | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Alicante (UAL) .....                                                 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Autónoma de Barcelona (UAB) .....                                    | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 93,60  |
| Autónoma de Madrid (UAM) I .....                                     | 21,82  | 21,82  | 21,82  | 21,82  | 24,68  | 17,11  |
| Autónoma de Madrid (UAM) II .....                                    | 81,71  | 58,70  | 67,01  | 73,65  | 100,00 | 55,18  |
| Carlos III de Madrid (UCAR) .....                                    | 90,99  | 90,99  | 90,99  | 90,99  | 71,14  | 71,09  |
| Castilla-La Mancha (UCLM) .....                                      | 55,38  | 21,82  | 21,82  | 57,14  | 44,62  | 12,31  |
| Complutense de Madrid (UCM) I .....                                  | 62,91  | 58,18  | 59,26  | 62,08  | 50,06  | 47,18  |
| Complutense de Madrid (UCM) II .....                                 | 74,55  | 69,41  | 73,69  | 70,57  | 72,75  | 72,71  |
| La Coruña (ULC) .....                                                | 23,40  | 18,70  | 22,57  | 19,95  | 32,80  | 21,88  |
| La Laguna (ULL) .....                                                | 63,67  | 27,06  | 63,67  | 28,62  | 38,59  | 34,29  |
| Murcia (UMU) .....                                                   | 80,95  | 56,10  | 76,19  | 62,59  | 75,06  | 54,21  |
| Oviedo (UOV) .....                                                   | 12,78  | 8,39   | 9,72   | 11,72  | 28,68  | 12,54  |
| Pública de Navarra (UPV) .....                                       | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Pompeu Fabra (UPF) .....                                             | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 94,11  |
| Pública de Navarra (UPNA) .....                                      | 34,82  | 34,82  | 34,82  | 34,82  | 33,06  | 32,88  |
| Salamanca (USA) .....                                                | 56,57  | 56,57  | 56,57  | 56,57  | 32,63  | 27,33  |
| Santiago de Compostela (USC) .....                                   | 81,23  | 34,91  | 54,86  | 68,57  | 81,79  | 29,01  |
| Sevilla (USE) .....                                                  | 24,62  | 21,82  | 22,86  | 23,81  | 33,99  | 14,59  |
| Valencia (UVEG) .....                                                | 47,27  | 44,53  | 45,73  | 45,91  | 62,63  | 46,48  |
| Valladolid (UVA) .....                                               | 64,62  | 62,73  | 63,16  | 64,29  | 73,48  | 64,62  |
| Vigo (UVI) .....                                                     | 26,04  | 16,78  | 23,74  | 20,51  | 29,05  | 17,81  |
| Zaragoza (UZA) .....                                                 | 68,42  | 63,23  | 65,12  | 65,84  | 67,80  | 62,99  |
| Eficiencia media .....                                               | 63,99  | 55,07  | 59,72  | 59,98  | 63,17  | 51,39  |

modelo 5 son Doct y NoDoct, que representan el número de profesores doctores y el número de profesores no doctores respectivamente; y en el modelo 6, el *input* viene definido por la variable Staff, que representa el número total de profesores del departamento. En todos los modelos se respetan las mismas restricciones técnico-productivas anteriormente definidas para el modelo 1.

El análisis de sensibilidad realizado permite concluir que los cambios en las variables que caracterizan la función de producción no alteran fundamentalmente los resultados. Los coeficientes de correlación son superiores al 87 por 100 en todos los casos, lo que implica que los resultados del modelo son robustos y las ordenaciones no se ven modificadas significativamente con especificaciones alternativas. A pesar de que la correlación entre los modelos es alta, resulta lógico que existan algunas diferencias en los resultados que se obtienen con las distintas especificaciones. Y esto se debe, por una parte, a que se está midiendo la eficiencia considerando funciones de producción diferentes, de forma que el rendimiento productivo que presenta un departamento cuando se mide, por ejemplo, la producción de artículos en revistas nacionales puede ser diferente que el que presenta cuando lo que se mide son las tesis doctorales; y, por otra, a que parte de las diferencias en los resultados obedece a que el número de dimensiones libres en cada especificación es diferente (24).

## VI. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se desprenden de esta investigación son las siguientes:

1. Al seleccionar el tipo de eficiencia y la técnica de medición más apropiada para aplicar en las instituciones de educación superior, la evaluación de la eficiencia técnica a través del Análisis Envolverte de Datos ofrece notables ventajas.

2. La producción de investigación es relativamente fácil de evaluar a través de las publicaciones científicas, medidas por su factor de impacto. Por el contrario, la evaluación de la calidad de la docencia comporta mayor imprecisión y un coste normalmente superior. Por este motivo, en esta investigación proponemos un sistema de evaluación que utilice conjuntamente los indicadores de rendimiento cuantitativos y aquellos mecanismos, como la evaluación por los colegas y las encuestas de opinión de los alumnos, para controlar las dimensiones más cualitativas del producto de la educación superior.

3. Una evaluación del rendimiento científico y académico de las universidades permitiría fomentar la competencia entre los centros, redundaría en un incremento de la eficiencia y de la calidad de los servicios ofrecidos, y contribuiría a optimizar el rendimiento económico y social del sistema universitario.

4. Las medidas orientadas a mejorar el rendimiento de la investigación pueden afectar a la docencia, y viceversa. Estas conexiones, que se derivan del proceso de producción conjunto, no deberían ser ignoradas en el diseño de las políticas educativas, en los sistemas de evaluación del rendimiento y en los esquemas de incentivos que se instrumenten. En el caso español, las características de nuestro sistema de evaluación y los complementos de productividad existentes, junto a la propia naturaleza de cada *output*, explican la existencia de un proceso de producción conjunto, en el que el rendimiento marginal de la actividad de investigación es superior al de la actividad docente.

5. En esta investigación se ofrece evidencia empírica que demuestra la posibilidad de medir la eficiencia técnica en la actividad de investigación de los departamentos universitarios. Desde el punto de vista metodológico, la introducción de restricciones técnico-productivas en el Análisis Envolverte de Datos mejora sustancialmente los resultados obtenidos. Además, este mecanismo permite incorporar criterios de calidad en el análisis de eficiencia.

6. La estimación de los índices de eficiencia técnica resultará de validez tanto en términos positivos, al mostrar un *ranking* de eficiencia de las observaciones estudiadas, como también en términos normativos, al permitir la definición de políticas públicas en el campo de la educación superior. Esto implica la traducción de las soluciones obtenidas en el análisis positivo en prescripciones de política pública que sirvan de orientación en el proceso de toma de decisiones acometido por los departamentos universitarios. Los resultados obtenidos revelan que la eficiencia media de toda muestra es de un 63,99 por 100, resultando eficientes el 21,74 por 100 de los departamentos de la muestra. Por consiguiente, existe un significativo margen de mejora potencial en el rendimiento productivo de los departamentos.

Además, la tecnología de producción del sector exhibe rendimientos constantes a escala. En el análisis de eficiencia realizado, se han identificado los departamentos con prácticas productivas eficientes. Además, se han identificado las fuentes de

ineficiencia de aquellos departamentos que no alcanzan el subconjunto eficiente de la frontera de posibilidades de producción, y se han cuantificado los objetivos de producción y consumo de factores óptimos para que estos departamentos alcancen la eficiencia.

#### NOTAS

(\*) Los resultados de esta investigación han sido presentados en distintos seminarios de investigación en la Universidad Complutense de Madrid, University of Warwick (UK) y University of Rochester (USA). Agradezco todos los comentarios y sugerencias recibidas por los participantes en estos seminarios. Asimismo deseo expresar mi más sincero agradecimiento por las valiosas anotaciones realizadas por José Manuel González-Páramo (Universidad Complutense de Madrid), María Jesús San Segundo (Universidad Carlos III de Madrid), Emmanuel Thanassoulis (University of Aston) y Eric A. Hanushek (University of Rochester). Los posibles errores son de mi entera responsabilidad.

(1) Para analizar las posibilidades existentes en el marco de la vigente Ley de Reforma Universitaria (L.R.U.) de estimular la competencia entre las universidades públicas como forma de mejorar su rendimiento, véase SAN SEGUNDO (1989).

(2) Véase FARRELL (1957). La propiedad de libre disponibilidad de *inputs* y de *outputs* se refiere a que cualquier unidad productiva con el mismo nivel de *output* que cualquier otra unidad, pero con más *inputs*, pertenece al conjunto de posibilidades de producción. Asimismo, cualquier unidad productiva que utiliza los mismos *inputs* que cualquiera otra unidad y que produce menos *outputs* pertenece al conjunto de posibilidades de producción.

(3) La variable de holgura correspondiente a un *input* (*output*) cualquiera puede interpretarse como la reducción (incremento) potencial que puede realizarse en la cantidad consumida en ese *input* (producción de ese *output*), permaneciendo constante su nivel de eficiencia calculado como una medida radial. La presencia de variables de holgura se asocia a tramos de la isocuenta o de la frontera de posibilidades de producción con pendiente nula o infinita. Combinando las variables de holgura con los resultados del índice de eficiencia, podemos obtener un resultado global respecto del ahorro potencial en *inputs* y el incremento potencial en *outputs*, que resulta de interés desde una perspectiva de gestión.

(4) Cuando la tecnología presenta rendimientos constantes a escala, se demuestra que el índice de eficiencia que se obtiene con una orientación *output* es igual al inverso del índice de eficiencia obtenido con una orientación *input*.

(5) Existe un debate en la literatura en relación con la naturaleza de los fondos de investigación como un *output* o como un *input*.

(6) Con relativa frecuencia, la evaluación de la eficiencia con la que operan las instituciones de educación superior se ha fundamentado en simples indicadores de rendimiento parciales. Los indicadores de rendimiento más utilizados han comparado el coste por alumno y el número de alumnos por profesor. Estos indicadores, siendo intuitivamente fáciles de entender, generalmente fallan en el intento de dar una visión global de las múltiples dimensiones que caracterizan el proceso productivo de las universidades. Considerar que una *ratio* alumnos-profesor elevada es un indicador de eficiencia en los costes puede conducir a sesgos, en la medida en que los bajos costes medios pueden estar asociados con un alto coste de oportunidad por la investigación perdida como resultado del tiempo dedicado a la docencia.

(7) Los resultados obtenidos en MARTÍNEZ (2000) evidencian la existencia de unas potenciales economías de alcance por valor de un 9,04 por 100 en la producción conjunta de investigación y de docencia en los estudios de doctorado.

(8) El efecto *trinquete* consiste en la elevación de los estándares de desempeño tras una buena actuación.

(9) En el art. 45.3 de la Ley de Reforma Universitaria se establece que los estatutos de las universidades desarrollarán singulares modelos de evaluación del profesorado, generalmente basados en la fi-

gura de la Comisión de Docencia y en el instrumento de la encuesta de opinión de los alumnos. La Resolución 20/6/90 del Consejo de Universidades establece los criterios y procedimientos del modelo de evaluación de la actividad docente del profesor.

(10) VIDAL (1995) relaciona el número de alumnos y de profesores de las universidades públicas españolas, obteniendo un coeficiente de correlación del 95 por 100 y una media de 20 alumnos por profesor.

(11) Este decreto fue aprobado por el Consejo de Ministros el 12 de abril de 1991.

(12) La *ratio* alumnos-profesor no da una idea exacta de la verdadera carga docente que soporta un departamento, pues esta variable además exigiría conocer el número de créditos-hora de clase que se imparten.

(13) En algunas universidades, la agrupación de áreas de conocimiento se debe más a necesidades administrativas que a criterios de afinidad científica.

(14) LOVELL y PASTOR (1996) demuestran que un modelo CCR con una orientación *output* (una orientación *input*) sin *inputs* (*outputs*) carece de sentido.

(15) En general, nos referiremos a los departamentos de Economía, aunque algunas unidades objeto de análisis son únicamente áreas de conocimiento de Fundamentos del Análisis Económico, que forman parte de un departamento de dimensión mayor.

(16) Esta conclusión se basa en el análisis de la base de datos del Centro de Información y Documentación Científica del CSIC (CINDOC) denominada ISOC, que constituye la única base de datos informatizada sobre publicaciones en España en estas áreas de conocimiento.

(17) Una aproximación aún más exacta consiste en expresar la medida de ETC en términos de personas-año empleadas (véase JOHNES y JOHNES, 1993 y 1995).

(18) Véase el Real Decreto 2360/1984, de 12 de diciembre, sobre departamentos universitarios, modificado por el Real Decreto 1173/1987, de 25 de septiembre en su art. 4º.2.

(19) Cuantas más variables se incluyan en el análisis, mayor será la heterogeneidad del conjunto de observaciones, resultando más difícil encontrar un grupo de referencia para cada entidad evaluada, lo que conduce a que cada entidad se compare consigo mismo, y por tanto pase a considerarse eficiente. En la literatura se recomienda que el número máximo de variables *inputs*, *i*, y *outputs*, *o*, que se debe introducir en un modelo DEA sea de  $1/3n$ , siendo  $n$  el tamaño muestral, esto es, debe cumplirse que  $n \geq 3(i + o)$  (véase BANKER *et al.*, 1984).

(20) Por este motivo, los capítulos en libros se han asimilado a los artículos en revistas (véase KYVIK, 1991). En general, la producción científica de capítulos en libros, en especial de carácter internacional, es bastante escasa. De ahí que no resulte recomendable crear una nueva variable para medir este *output* en la medida en que restringiría aún más el número de dimensiones libres y, por tanto, el poder de discriminación de la técnica.

(21) Aunque las reducciones propuestas por el modelo en el *input* profesorado son a corto plazo difíciles de aplicar, a largo plazo podrían orientar el crecimiento de las plantillas.

(22) Desde el punto de vista metodológico, la introducción de restricciones técnico-productivas se realiza a través de la técnica de restricciones en las ponderaciones (DYSON y THANASSOULIS, 1988), siguiendo la metodología de las regiones de confianza de THOMPSON *et al.* (1990).

(23) En MARTÍNEZ (2000) se demuestra matemáticamente que, cuando el modelo incorpora restricciones en las ponderaciones, es factible que el objetivo de producción óptimo de algún *output* sea inferior al de su nivel actual, o bien que el consumo óptimo de algún factor sea superior respecto a su consumo actual. Este resultado no es factible en ausencia de restricciones en las ponderaciones en la medida en que no existe una discriminación o diferencia en la importancia relativa de las variables *inputs* y *outputs*.

(24) En este sentido, con un tamaño muestral dado, los índices de eficiencia no pueden disminuir cuando variables adicionales, ya sean *outputs* o *inputs*, se añaden al análisis DEA.

## BIBLIOGRAFÍA

- AHN, T.; CHARNES, A., y COOPER, W. W. (1988), «Some statistical and data envelopment analysis evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher education», *Socio-Economic Planning Sciences*, 22 (6), págs. 259-269.
- AIGNER, A.; LOVELL, C. A. K., y SCHMIDT, P. (1977), «Formulation and estimation of stochastic frontier production function models», *Journal of Econometrics*, vol. 6, págs. 21-37.
- BANKER, R.; CHARNES, A., y COOPER, W. (1984), «Some models for estimating technical and scale efficiencies in Data Envelopment Analysis», *Management Science*, vol. 30, n.º 9, págs. 1078-1092.
- BEASLEY, J. E. (1990), «Comparing University departments», *OMEGA, International Journal of Management Science*, 18 (2), páginas 171-183.
- CAVE, M.; HANNEY, S.; KOGAN, M., y TREVETT, G. (1991), *The use of performance indicators in higher education: A critical analysis of developing practice*, Jessica Kingsley Publishers, Londres.
- DE LA FUENTE, A. (1995), «A note on incentives and researcher productivity in Spanish public institutions», *Investigaciones Económicas*, vol. XIX (2), mayo, págs. 291-299.
- DENISON, E. F. (1962), *The Sources of Economic Growth in the United States and the alternatives before us*, Estudio del Committee for Economic Development, Nueva York.
- DYSON, R. G., y THANASSOULIS, E. (1988), «Reducing weight flexibility in data envelopment analysis», *Journal of Operational Research Society*, 39 (6), págs. 563-576.
- FARRELL, M. J. (1957), «The measurement of efficiency productive», *Journal of the Royal Statistical Society, serie A*, 120, páginas 253-266.
- GORDON, M. D. (1980), «A critical reassessment of inferred relations between multiple authorship, scientific collaboration, the production of papers and their acceptance for publication», *Scientometrics*, n.º 2, págs. 193-201.
- JOHNES, G., y JOHNES, J. (1993), «Measuring the Research Performance of UK Economics Departments: An Application of Data Envelopment Analysis», *Oxford Economic Papers*, 45, páginas 332-347.
- JOHNES, J., y JOHNES, G. (1995), «Research funding and performance in U.K. University departments of economics: A frontier analysis», *Economics of Education Review*, vol. 14, n.º 3, páginas 301-314.
- KYVIK, S. (1991), *Productivity in Academia. Scientific Publishing at Norwegian Universities*, Norwegian University Press.
- LOVELL, C. A. K., y PASTOR, J. T. (1996), «Radial DEA Models without Inputs or without Outputs», mimeo.
- MARTÍNEZ, M. (2000), *La evaluación de la eficiencia técnica en las instituciones de educación superior: Una aplicación del análisis envolvente de datos*, tesis doctoral, abril, 2000, Universidad Complutense de Madrid.
- MILGROM, P., y ROBERTS, J. (1992), *Economics, Organization and Management*, Englewoog - Cliffs, Nueva Jersey, Prentice Hall.
- OSBORNE, D., y GAEBLER, T. (1992), *Reinventing government. How the entrepreneurial spirit is transforming the public sector*, Addison - Wesley.
- PAARDEKOOPER, C. M. M., y SPEE, A. A. J. (1990), A government perspective on quality assessment in Dutch higher education, en GOEDEGEBUURE, L. C. J.; MAASSEN, P. A. M.; WESTERHEIJDEN, D. F. (eds.), *Peer Review and Performance Indicators*, Utrecht, NL, Uitgeverij Lemma.
- SAN SEGUNDO, M. J. (1989), «Las posibilidades de competencia entre las Universidades Públicas», *Economía Pública*, n.º 3, páginas 109-123.
- SANZ, E.; GARCÍA, C.; GARCÍA, A., y MODREGO, A. (1997), «La investigación española en economía a través de las publicaciones nacionales e internacionales en el período 1990-1994», *Actas Congreso RICTES*.
- SARAFOGLOU, N., y HAYNES, K. E. (1996), «University productivity in Sweden: a demonstration and explanatory analysis for economics and business programs», *The Annals of Regional Science*, 30, páginas 285-304.
- SARRICO, C. S. (1998), *Performance Measurement in UK Universities: Bringing in the Stakeholders' Perspectives Using Data Envelopment Analysis*, tesis, University of Warwick.
- SIEGFRIED, J. J., y RENDIGS, F. (1979), «Research on teaching college economics: A survey», *Journal of Economic Literature*, volumen XVII, septiembre, págs. 923-969.
- SIZER, J. (1990), «Performance indicators and the management of universities in the U.K.: A summary of developments with commentary», en DOCHY, F., et al. (eds.) *Management Information and Performance Indicators in Higher Education: An International Issue*, Van Gorcum.
- THOMPSON, R. G.; LANGEMEIER, L. N.; LEE, C. T.; LEE, E., y THRALL, R. M. (1990), «The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming», *Journal of Econometrics*, número 46, págs. 93-108.
- TOMKINS, C., y GREEN, R. (1988), «An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK University departments of accounting», *Financial Accountability Management*, 4 (2), págs. 147-164.
- VIDAL, J. (1995), *La caja gris: Microanálisis de la actividad investigadora, su gestión y evaluación en una institución universitaria. Estudio del caso de la Universidad de León*, tesis doctoral, Salamanca.

## Resumen

En esta investigación, se profundiza en el conocimiento de la tecnología de producción de las instituciones de educación superior, y se ofrece evidencia empírica que analiza la eficiencia técnica de una muestra de departamentos de Economía de las universidades públicas españolas en el período 1994-95. La metodología utilizada se fundamenta en las técnicas de programación lineal que proporciona el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Los resultados obtenidos revelan que existe un significativo margen de mejora potencial en el rendimiento productivo de los departamentos, y muestran qué departamentos universitarios exhiben prácticas productivas más eficientes.

*Palabras clave:* función de producción, eficiencia técnica, economía de la educación.

## Abstract

The aim of this study is to explore the technology of production of the higher learning institutions. We also offer empirical evidence that analyse the technical efficiency of the Spanish Department of Economics in the period 1994-95. The methodology used is based on the linear programming models that provide the Data Envelopment Analysis (DEA). The results obtained reveal that it is possible to increase significantly the performance of the departments and show those departments with the most efficient productive practices.

*Key words:* production function, technical efficiency, economics of education.

*JEL classification:* I210, I280.