

# LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA

en las instituciones de educación superior

Marcelino Martínez Cabrera

Fundación **BBVA**







LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA  
EN LAS INSTITUCIONES  
DE EDUCACIÓN SUPERIOR



# La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior

*Marcelino Martínez Cabrera*

Fundación **BBVA**

La decisión de la Fundación BBVA de publicar el presente libro no implica responsabilidad alguna sobre su contenido ni sobre la inclusión, dentro del mismo, de documentos o información complementaria facilitada por los autores.

No se permite la reproducción total o parcial de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, reprográfico, fotoquímico, óptico, de grabación u otro sin permiso previo y por escrito del titular del *copyright*.

DATOS INTERNACIONALES DE CATALOGACIÓN

Martínez Cabrera, Marcelino

La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior / Marcelino Martínez Cabrera. — Bilbao : Fundación BBVA, 2003.

175 p. ; 24 cm

ISBN 84-95163-77-2

1. Eficacia productiva 2. Universidad 3. Metodología de la evaluación I. Fundación BBVA, ed.

338.31:378:303.72

*La medición de la eficiencia  
en las instituciones de educación superior*

EDITA:

© Fundación BBVA. Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao

IMAGEN DE CUBIERTA: © José María SICILIA, VEGAP, Madrid, 2003

*Tijeras blanco titanio*, 1984

Óleo sobre lienzo, 243 x 244 cm

Colección BBVA

DISEÑO DE CUBIERTA: Roberto Turégano

ISBN: 84-95163-77-2

DEPÓSITO LEGAL: M-24.107-2003

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN: Fundación BBVA

IMPRIME: Rógar, S.A.

PRODUCCIÓN: Atlántida Grupo Editor

Los libros editados por la Fundación BBVA están elaborados con papel 100% reciclado, fabricado a partir de fibras celulósicas recuperadas (papel usado) y no de celulosa virgen, cumpliendo los estándares medioambientales exigidos por la actual legislación.

El proceso de producción de este papel se ha realizado conforme a las regulaciones y leyes medioambientales europeas y ha merecido los distintivos Nordic Swan y Ángel Azul.

## AGRADECIMIENTOS

ES preciso comenzar con una mención a todas aquellas personas e instituciones sin cuya colaboración no hubiera sido posible realizar este libro. A todas ellas deseo manifestar mi más sincera gratitud.

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a los profesores: José Manuel González-Páramo (Universidad Complutense de Madrid), María Jesús San Segundo (Universidad Carlos III de Madrid), Emmanuel Thanassoulis (Universidad de Aston, Reino Unido) y Eric A. Hanushek (Universidad de Rochester, Estados Unidos), por su constante estímulo y orientación que me han permitido ir acometiendo progresos en este trabajo. Su dedicación y sugerencias, junto a su rigor intelectual y su contagioso entusiasmo, han constituido la mejor fuente de estímulo para la realización de esta obra.

También quisiera agradecer el apoyo que siempre me han brindado mis compañeros del departamento de Hacienda Pública de la Universidad Complutense de Madrid. De forma especial deseo referirme al profesor José Félix Sanz Sanz, con quien comparto, además de una gratificante amistad, el interés por el estudio de la Economía Pública y una misma admiración por nuestros maestros.

Los resultados de esta investigación han sido presentados en distintos seminarios de investigación en la Universidad Complutense de Madrid, en la Universidad de Warwick (Reino Unido) y en la Universidad de Rochester (Estados Unidos). Agradezco todos los comentarios y sugerencias recibidos de los participantes



en estos seminarios, que han resultado muy fructíferos para dotar de precisión y rigor los resultados de esta investigación.

Agradezco la colaboración y ayuda de todas aquellas personas e instituciones que han sido decisivas para la obtención de los datos utilizados en esta obra. En particular, de los directores de los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico y de los vicerrectorados de investigación de las universidades públicas españolas. Todos ellos me obsequiaron con su generosa y desinteresada colaboración. Asimismo, deseo agradecer el apoyo dado al proyecto de investigación por parte de la Fundación BBVA y el interés que en todo momento ha mostrado por esta publicación.

Por último, quisiera dedicar este estudio a mis padres, Celedonia y Marcelino, a mi hermana Loly y a mis sobrinos Laura y Enrique. Su incondicional apoyo, sus consejos y permanente estímulo han contribuido decisivamente a mi formación, tanto profesional como personal.

Junto con mis agradecimientos a estas personas e instituciones, también quisiera expresar mis disculpas por los errores, deficiencias u omisiones existentes en las páginas siguientes, de las cuales soy responsable.

## Í N D I C E

Presentación.....	13
Prólogo, <i>José Manuel González-Páramo</i> .....	17
Introducción.....	19
1. La medición de la eficiencia en el sector público: el Análisis Envolvente de Datos	
1.1. El concepto de eficiencia.....	23
1.2. La medición de la eficiencia.....	25
1.3. Métodos para la medición de la eficiencia.....	30
1.4. Métodos no paramétricos de medición de la eficiencia: el Análisis Envolvente de Datos.....	35
1.4.1. El Análisis Envolvente de Datos.....	36
1.4.2. Los rendimientos a escala. El modelo BCC.....	48
1.5. La evaluación de la eficiencia mediante la restricción de las ponderaciones.....	51
1.5.1. Justificación de las restricciones en las ponderaciones.....	51
1.5.2. Diferentes métodos para introducir restricciones en las ponderaciones.....	53
1.5.3. Efectos de las restricciones en las ponderaciones sobre la medición de la eficiencia.....	57
1.6. Una aproximación no paramétrica para la medición de la eficiencia técnica en las instituciones de educación superior.....	61
2. La tecnología de producción de las instituciones de educación superior.....	65
2.1. Incentivos y evaluación del desempeño en la Universidad.....	68

3.	La medición de la eficiencia de los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico	
3.1.	La homogeneidad de la muestra.....	73
3.2.	Las variables de la función de producción.....	77
3.3.	Caracterización del modelo de frontera no paramétrico.....	81
3.3.1.	La orientación del modelo.....	81
3.3.2.	La relación entre la eficiencia técnica y la escala de operaciones: caracterización de los rendimientos de escala.....	84
3.4.	La introducción de criterios de calidad en la evaluación de la eficiencia técnica.....	89
3.4.1.	La introducción de restricciones en las ponderaciones.....	89
3.5.	Análisis de los resultados.....	92
3.5.1.	Identificación y caracterización de los departamentos eficientes.....	97
3.5.2.	Identificación y caracterización de los departamentos ineficientes.....	100
3.5.3.	Caracterización de los departamentos ineficientes: los objetivos de producción y consumo óptimos.....	106
3.6.	Análisis de sensibilidad de los resultados.....	109
4.	Aplicaciones del análisis de eficiencia en las instituciones de educación superior	
4.1.	La medición de las relaciones tecnológicas del sector: la relación técnica de sustitución.....	113
4.1.1.	Características generales del mercado de trabajo interno de las universidades públicas.....	114
4.1.2.	La medición de la relación técnica de sustitución.....	117
4.2.	Evaluación de las economías de alcance en la producción de las instituciones de educación superior.....	120
4.3.	La eficiencia de algunas políticas públicas en la educación superior.....	127
4.3.1.	Evaluación de la política de creación de nuevas universidades públicas.....	128
4.3.2.	Evaluación de los Programas de Doctorado de Calidad.....	132

Conclusiones.....	141
Anexo .....	145
Bibliografía.....	153
Índice de cuadros .....	165
Índice de gráficos.....	167
Índice alfabético.....	169
Nota sobre el autor.....	175



## Presentación

**M**EDIANTE esta publicación, la Fundación BBVA ofrece a la sociedad un análisis empírico que permite profundizar en el conocimiento de la eficiencia con la que se prestan los Servicios Públicos en la economía española.

La educación, y en especial la superior, es considerada como una de las principales fuentes de crecimiento económico. Desarrollar una investigación científica punta y contar con una mano de obra bien formada desempeñan un papel fundamental para alcanzar altas cotas de crecimiento económico. Conscientes de la importancia de este factor de crecimiento y en el contexto de la Unión Europea, España ha asistido en los últimos años a distintos procesos de reforma de su educación superior, en los que se ha evidenciado cómo los usuarios han aumentado las demandas para obtener unos mayores niveles de eficiencia y efectividad en los servicios educativos. La calidad con la que se prestan los servicios se está convirtiendo en una variable cada vez más exigida por los demandantes. 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 de la sociedad española es preciso analizar el grado de eficiencia económica de los programas de gasto público.

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. En la Administración Pública no es factible la optimización de la eficiencia en términos de la maximización del beneficio. En este sentido, la búsqueda de indicadores que puedan sustituir la medida del beneficio en la evaluación de la eficiencia constituye un reto para las instituciones públicas, si pretenden aplicar técnicas

de gestión. El autor parte de la tesis de que, en general, las instituciones públicas actúan en un marco muy regulado sujeto a estructuras burocráticas y no a la disciplina externa que impone el mercado. Por este motivo, una evaluación del rendimiento científico y académico de las universidades españolas 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 esta publicación se describen los distintos conceptos de eficiencia y las propiedades de una técnica basada en la optimización matemática denominada Análisis Envolvente de Datos (DEA), que se aplica para la medición de la eficiencia y que ofrece enormes ventajas cuando se aplica a instituciones públicas. La evaluación de la eficiencia exige la definición, implícita o explícitamente, según la técnica aplicada, de una función de producción que caracterice el proceso productivo de las entidades objeto de evaluación. Por esta razón, es fundamental conocer la naturaleza de la tecnología productiva de la educación superior. En esta obra se ofrece evidencia empírica que demuestra la posibilidad de medir la eficiencia técnica en la actividad de investigación, en una muestra de departamentos universitarios.

La obra demuestra cómo la eficiencia productiva de las universidades se ve condicionada por un conjunto de factores, relativos tanto a la propia tecnología productiva como al marco institucional. El interés por diseñar estrategias eficientes en el marco institucional que regula las universidades públicas españolas motiva al autor a contrastar la eficiencia alcanzada por dos políticas públicas acometidas en nuestro sistema universitario. En concreto, estas políticas se refieren a la creación de nuevas universidades públicas en las décadas de 1980 y 1990 y, por otra parte, la implementación del Programa de Doctorado de Calidad.

Los resultados obtenidos revelan que existe un significativo margen de mejora potencial en el rendimiento productivo de los departamentos, detectando y cuantificando las fuentes de ineficiencia. La estimación de la eficiencia técnica resultará de validez tanto en términos positivos, al mostrar un *ranking* de eficiencia de las observaciones estudiadas, como también en términos normati-

vos, al permitir la definición de políticas públicas en el campo de la educación superior. Esto conlleva 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 las autoridades educativas.

El autor de la investigación que sirve de base a la obra, Marcelino Martínez Cabrera, es doctor en Economía por la Universidad Complutense de Madrid y ha sido *Visiting Research Fellow* en la Warwick Business School (Reino Unido) y en el departamento de Economía de la Universidad de Rochester (Estados Unidos).

En España apenas existen investigaciones de carácter empírico que analicen la eficiencia de las instituciones de educación superior. Por este motivo, esta publicación editada por la Fundación BBVA se concibe como un esfuerzo encaminado a superar ese vacío investigador, con el objetivo fundamental de que, ahondando en el conocimiento de la tecnología productiva de las universidades públicas españolas y de la eficiencia con la que desarrollan su proceso productivo, la sociedad española disponga de más y mejor información para diseñar un sistema de educación superior que contribuya a alcanzar las más altas cotas de crecimiento y desarrollo económico para nuestra sociedad.

FUNDACIÓN BBVA





## Prólogo

DESDE hace un cuarto de siglo, los presupuestos públicos de los países industrializados se encuentran sometidos a una presión creciente. Los problemas de sostenibilidad del Estado de Bienestar, unidos a la globalización de la actividad económica, han puesto a las haciendas públicas bajo el escrutinio de los mercados.

La reacción de los gobiernos ha discurrido en distintos frentes: reformas fiscales, recortes de gasto, desregulación, privatización y reformas en la gestión pública. Esta última clase de reformas, las más difíciles de introducir, tiene una virtud respecto de los simples recortes de gasto: permite mantener los Servicios Públicos, e incluso mejorar su rendimiento, a un coste menor. No es posible satisfacer las demandas de una ciudadanía cada vez más sofisticada y exigente, y al mismo tiempo mantener la disciplina presupuestaria, sin modificar los criterios de la gestión pública.

Entre las abundantes propuestas de reforma de los mecanismos de gestión, dos son especialmente relevantes en los sectores sanitario y educativo: la introducción de incentivos económicos y la creación de *mercados internos* en los que los centros públicos compitan por los fondos en función de resultados. Los incentivos y la competencia pueden alinear los objetivos de la política del Gobierno en cada ámbito de su intervención, con los intereses de los centros y los de los empleados o profesionales. La experiencia comparada ofrece abundantes ejemplos en este sentido. Una condición necesaria, para que la introducción de competencia e incentivos asegure una mejora del rendimiento y la calidad del servicio por cada euro gastado en él, es disponer de buena información sobre los procesos de producción de Servicios Públicos. Necesitamos buenas medidas de los productos y servicios generados, y de los medios necesarios para producirlos, así como un co-

nocimiento relativamente preciso de la tecnología de producción y de la influencia del marco institucional.

El libro de Marcelino Martínez Cabrera ofrece una excelente muestra de cómo es posible acercarse a una evaluación de los procesos de producción de Servicios Públicos. Partiendo de una muestra de departamentos universitarios, Martínez Cabrera analiza rigurosamente su actividad, en especial la relacionada con la investigación, evalúa su grado de eficiencia, explora las relaciones de sustitución técnica entre distintos tipos de personal y mide las sinergias que se producen como resultado de la producción conjunta de servicios docentes e investigadores.

El despliegue de análisis técnico y cuantitativo realizado en esta obra tiene una traducción que supera el simple ejercicio de medición. Para ilustrar las potencialidades normativas de su análisis con vistas a la mejora de las políticas públicas, Martínez Cabrera evalúa dos importantes iniciativas: la creación de nuevas universidades públicas y la implantación del Programa de Doctorado de Calidad.

Los resultados de estas evaluaciones, así como las estimaciones de eficiencia contenidas en la obra, sugieren cómo podría condicionarse la financiación pública al logro de objetivos de eficiencia, y, en consecuencia, la forma de instrumentar los incentivos organizativos e individuales para conseguir una mejor relación coste-eficiencia en la producción del servicio.

El magnífico trabajo de Marcelino Martínez Cabrera constituye no sólo un análisis riguroso de corte académico. Es, además, por encima de todo, una contribución al diseño de políticas públicas más eficaces y menos costosas, porque la extensión de las técnicas utilizadas o el enfoque del estudio a otros ámbitos de la gestión pública permitirán a la sociedad extraer más valor del dinero que aporta a las arcas públicas a través de sus impuestos. Sólo de esta forma serán compatibles el mantenimiento y la mejora del rendimiento de los Servicios Públicos, con las restricciones financieras crecientes a las que se enfrentarán los presupuestos públicos en los próximos años.

JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ-PÁRAMO  
*Catedrático de Hacienda Pública*  
*Universidad Complutense de Madrid*

# Introducción

ESTA obra 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, este libro 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 dichos servicios se está convirtiendo en una variable cada vez más exigida por los demandantes. En cuarto lugar, la educación, y en especial la superior, es considerada como una de las principales fuentes de

crecimiento económico (Denison, 1962). En este sentido, podemos afirmar que desarrollar una investigación científica punta 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<sup>1</sup>. 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 este motivo, nuestro estudio 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.

La obra se estructura de la forma siguiente. En primer lugar, se describe el concepto de eficiencia técnica y las propiedades de una técnica basada en la programación lineal denominada Análisis Envolvente 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 in-

---

<sup>1</sup> Para analizar las posibilidades existentes en el marco de la Ley de Reforma Universitaria (LRU) de estimular la competencia entre las universidades públicas como forma de mejorar su rendimiento, véase San Segundo (1989).

investigación de una muestra de 23 departamentos de Fundamentos del Análisis Económico de universidades públicas españolas. En cuarto lugar, con el objetivo de ahondar en el conocimiento de la tecnología de producción de los departamentos universitarios, se realizan algunas aplicaciones del análisis de eficiencia. Algunas de éstas consisten en medir la relación técnica de sustitución de los factores productivos, así como las potenciales economías de alcance que existen en el proceso de producción. Asimismo, se evalúa la eficiencia de determinadas políticas públicas acometidas por las autoridades educativas españolas, en particular la política de creación de nuevas universidades públicas en las décadas de 1980 y 1990 y la creación del Programa de Doctorado de Calidad.



# 1. La medición de la eficiencia en el sector público: el Análisis Envolvente de Datos

EL fundamento teórico de esta investigación se halla en la aplicación del análisis microeconómico a la evaluación y control de la eficiencia en el sector público. La teoría de la eficiencia pública y la teoría microeconómica de la producción conforman el sustrato teórico de este trabajo. El objetivo de este capítulo es profundizar en las bases conceptuales y metodológicas sobre las que se apoya esta investigación. El esquema del capítulo es el siguiente: En primer lugar, se introduce el concepto de eficiencia y su tipología. Asimismo se plantean distintas aproximaciones metodológicas para la medición de la eficiencia. Seleccionaremos el concepto de eficiencia y la técnica de medición más apropiada para evaluar la eficiencia en las agencias públicas. El potencial que ofrece un método denominado Análisis Envolvente de Datos (DEA) para la medición de la eficiencia en el sector público explica la atención que prestamos a su fundamento metodológico. En este sentido, se analizan los diferentes modelos matemáticos planteados y su fundamento teórico. Finalmente, valoramos las potencialidades y debilidades de esta técnica cuando el objetivo es medir la eficiencia en las instituciones de educación superior.

## 1.1. El concepto de eficiencia

El concepto de eficiencia utilizado en Economía es el de optimalidad paretiana. Decimos que una asignación es eficiente, en el sentido de Pareto, cuando no es posible reasignar los recursos existentes de tal forma que algún individuo mejore sin que otro empeore. Esto se cumple cuando se garantizan las condiciones de la eficiencia en la producción, en el intercambio y la eficiencia global. La eficiencia en la producción exige la igualdad de las relaciones marginales de sustitución entre *inputs* para todos los bie-



nes producidos. La eficiencia en el intercambio precisa la identidad para todos los consumidores de la relación marginal de sustitución entre los bienes. Por último, la eficiencia global se alcanza cuando la relación marginal de sustitución entre dos bienes cualesquiera para todos los individuos se iguala a la relación marginal de transformación entre esos dos bienes. Según el Primer Teorema Fundamental de la Economía del Bienestar, bajo una serie de supuestos como competencia perfecta, mercados completos, información perfecta, rivalidad y exclusión, el equilibrio competitivo es óptimo en el sentido de Pareto (Arrow, 1951). De tal forma que el distanciamiento respecto de estas condiciones eficientes de Pareto genera una pérdida de bienestar social (Harberger, 1954).

El interés de este trabajo reside en la medición de la eficiencia en la producción desde una perspectiva microeconómica. En este sentido, podemos distinguir los siguientes tipos de eficiencia relacionados con la producción.

En primer lugar, la eficiencia técnica es un concepto tecnológico que incide en los procesos productivos, concentrándose en las cantidades y no en los valores. 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*.

En segundo lugar, la eficiencia asignativa implica alcanzar el coste mínimo de producir un nivel dado de producto cuando se modifican las proporciones de los factores de producción utilizados, de acuerdo con sus precios y productividades marginales. La ineficiencia asignativa refleja en qué medida los *inputs* se emplean en unas proporciones equivocadas, dados sus precios y productividades en el margen. El elemento fundamental de la eficiencia técnica, que lo diferencia de la asignativa, es que parte de una proporción concreta de factores que determina su tecnología, cuyo coste se minimiza o cuya producción se maximiza. La proporción de factores puede variar si por ejemplo se utiliza otra tecnología, pero no lo hace debido a los precios y productividades marginales, como sucede en el caso de la eficiencia asigna-

tiva. Las unidades técnicamente eficientes no son necesariamente eficientes en sentido asignativo. Así, una unidad productiva, a pesar de ser eficiente en sentido técnico, puede no resultar eficiente en sentido global, ya que dados los costes de los *inputs* no utiliza la combinación adecuada de los mismos.

Por último, la ineficiencia X (Leibenstein, 1966) es un caso especial de la ineficiencia técnica, en la medida en que la organización producirá un nivel de *output* inferior al máximo posible. Sin embargo, la causa no es tecnológica sino que se encuentra en el comportamiento de los propios individuos que forman parte de la unidad productiva. En este caso, es posible aumentar las cantidades de *output* producidas sin tener que variar las cantidades de trabajo o de capital, ni sus combinaciones. Así, el factor determinante de los incrementos en la producción viene dado por la productividad del trabajo. Según Leibenstein (1966) los individuos pueden limitar su esfuerzo maximizando su utilidad, en vez de minimizar costes utilizando más factores de producción que los necesarios para obtener un determinado nivel de *output*. Esto es posible como consecuencia de las asimetrías de información y el marco de incentivos en el que se desarrolla la actividad <sup>2</sup>.

## 1.2. La medición de la eficiencia

La evaluación de la eficiencia exige la definición, implícita o explícitamente, según la técnica aplicada, de una función de producción que caracterice el proceso productivo de las entidades objeto de evaluación. Por esta razón, es fundamental conocer la tecnología de producción del sector al que pertenecen las unidades objeto de evaluación, para definir las variables *inputs* y *outputs* que permitan caracterizar la función de producción. En la teoría microeconómica, la función de producción denota la relación técnica que mide el volumen máximo de producción que puede obtenerse de una cantidad dada de factores productivos, o a la inversa, el volumen mínimo de *inputs* necesario para obtener una

---

<sup>2</sup> Un análisis de los distintos tipos de eficiencia puede consultarse en Barrow y Wagstaff (1989) y Albi (1992).

cantidad determinada de producción<sup>3</sup>. Por tanto, la función de producción representa una relación puramente técnica que define las posibilidades de transformación eficiente, dado el conjunto de técnicas factibles que ofrece la tecnología, y sobre la base de este concepto se desarrolla el resto de la teoría de la producción. Las sugerencias de que las unidades productivas quizás no operasen con la mejor tecnología disponible parecían contradecir los cimientos de la teoría clásica. La confirmación de esta hipótesis por la evidencia empírica dio lugar a nuevos desarrollos en la teoría microeconómica de la producción, que trataron de incorporar la posibilidad de comportamientos técnicamente ineficientes. Las unidades productivas pueden, por las razones que sean, utilizar una tecnología diferente a la más productiva. Por consiguiente, el proceso productivo que transforma los recursos en productos no tiene que ser necesariamente el óptimo. De este modo, la eficiencia no constituye un supuesto inicial sino una hipótesis que se ha de contrastar<sup>4</sup>.

Koopmans (1951) consideró que un vector *input-output* es técnicamente eficiente si, y sólo si, el aumento de algún *output* o la disminución de algún *input* es posible únicamente disminuyendo algún otro *output* o aumentando algún otro *input*. Sin embargo, fue Debreu (1951) el primero en ofrecer una medida concreta de eficiencia técnica. Debreu propuso una medida radial de eficiencia técnica, que analiza la máxima reducción equiproporcional de todos los *inputs* compatible con el mismo nivel de *output*. Färe, Grosskopf y Lovell (1994) consideran que el principal atractivo de estas medidas radiales es que son independientes de las unidades de medida. Ahora bien, su desventaja es que asocian la eficiencia con la máxima contracción posible de *inputs* (o aumento

---

<sup>3</sup> A partir de una función de producción y una restricción presupuestaria podemos obtener por el teorema de la dualidad una función de costes. En Diewert (1982) y Chambers (1988) pueden consultarse las relaciones de dualidad que existen entre las funciones de costes y de producción.

<sup>4</sup> La imposibilidad teórica de ineficiencia técnica bajo la perspectiva neoclásica es cuestionada por Leibenstein (1966). Según este autor, las empresas y las economías no operan en el límite de la superficie de posibilidades de producción consistente con sus recursos. De hecho, trabajan en una superficie de producción que se halla en el interior del límite. Y esto significa que por distintas razones las organizaciones no operan tan efectivamente como podrían.

equiproporcional de *outputs*) cuando pueden existir holguras en alguno de ellos <sup>5</sup>. Este inconveniente no se presenta con la definición de eficiencia de Koopmans. Una unidad productiva puede ser considerada eficiente con la aproximación de Debreu y, sin embargo, no resultar eficiente según el planteamiento de Koopmans. Por consiguiente, el interés se centra en disponer de una medida de eficiencia en la que sólo se considere que una unidad productiva es eficiente cuando satisfaga la definición de Koopmans.

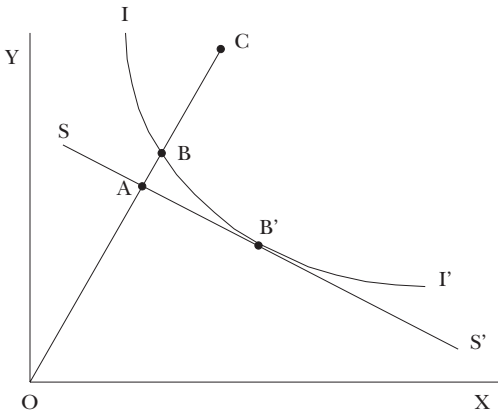
Farrell (1957) estableció las bases conceptuales a partir de las cuales se desarrollarían posteriormente los modelos que tienen por objetivo la medición de la eficiencia productiva. El trabajo de Farrell diferencia entre lo que denomina eficiencia técnica y eficiencia precio o asignativa. La eficiencia técnica la define como el éxito en producir la mayor cantidad de *output* posible, a partir de un conjunto dado de *inputs*, mientras que por eficiencia precio o asignativa entiende la medida en que una entidad utiliza los factores de producción en la proporción correcta, a la vista de sus precios. Las medidas de eficiencia cardinales asociadas a ambos conceptos se reproducen en el gráfico 1.1.

La curva II' constituye la denominada isocuanta unitaria y representa las combinaciones de factores productivos necesarios para producir una unidad de producto. En el gráfico 1.1 se representa una unidad productiva que para producir una unidad de *output* utiliza la combinación de factores productivos que indica el punto C. Podemos deducir que esta unidad productiva no es técnicamente eficiente en el sentido de Farrell. La isocuanta II' indica que el *output* producido por la entidad C podría ser obtenido empleando una proporción OB/OC de los *inputs* que realmente utiliza y sin que varíe la combinación de los mismos. Fa-

---

<sup>5</sup> 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 isocuanta 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.

**GRÁFICO 1.1: Eficiencia técnica, eficiencia precio y eficiencia global**



Farrell define el cociente  $OB/OC$  como el índice de eficiencia técnica de la unidad productiva  $C$ . Nótese que en el punto  $C$  objeto de análisis y en el punto  $B$ , que sirve de comparación, los factores productivos se combinan de la misma forma. El planteamiento de Farrell al medir la eficiencia técnica consiste en determinar qué resultado debería alcanzar la unidad productiva que se estudia, si actuase como otra unidad, que al utilizar los factores productivos en la misma proporción, pero en menor cantidad, obtiene el mismo volumen de producto. Por tanto, la estimación de la eficiencia conlleva comparar cada unidad productiva que no pertenece a la isocuanta con otra entidad eficiente que utilice los factores productivos en la misma proporción, esto es, que se encuentre en el mismo radio vector desde el origen. En algunos casos esa comparación se realizará con unidades productivas hipotéticas que se encuentran sobre la isocuanta eficiente, pero no se corresponden con ninguna entidad observada realmente. La medida de eficiencia técnica de Farrell tomará el valor 1 si la entidad es técnicamente eficiente, y valores más próximos a 0 cuanto más ineficiente sea la entidad evaluada.

Apoyándose en el gráfico anterior, Farrell define también el concepto de eficiencia precio. Los precios de los factores productivos están representados por la pendiente de la recta isocoste  $SS'$ . En este contexto, el punto  $B'$ , tangente entre la isocuanta unitaria y la recta isocoste, es aquel en el que se minimiza el

coste. Tanto B como B' son eficientes técnicamente por estar sobre la isocuanta unitaria. Sin embargo, los costes de producción en B' son tan sólo una fracción  $OA/OB$  de los costes de producción en B. Farrell considera el cociente  $OA/OB$  como la medida de la eficiencia precio de B. Esta medida de eficiencia precio se refiere tanto al punto B como a la entidad C que estamos evaluando. Esto es, la eficiencia precio de C mide el exceso de costes en que se está incurriendo por combinar los *inputs* de una forma diferente a la óptima. Por tanto, la evaluación de la eficiencia precio pura exige la eliminación de la eficiencia técnica, lo que equivale a situar a la entidad C en el punto B sobre la isocuanta unitaria, y valorar el exceso de costes en esa situación. La eficiencia precio también varía entre 0 y 1, estando más próxima a la unidad conforme más eficiente es la entidad objeto de análisis. Finalmente, Farrell define la eficiencia global por la ratio  $OA/OC$ , ya que si la unidad productiva fuera totalmente eficiente sus costes serían una proporción  $OA/OC$  de los costes observados. Nótese que la eficiencia global es el producto de la eficiencia técnica por la eficiencia precio. El análisis de Farrell parte de dos supuestos básicos. En primer lugar, que la isocuanta unitaria sea convexa y, en segundo lugar, que no tenga en ningún punto pendiente positiva. Una isocuanta convexa significa que si dos puntos se pueden alcanzar en la práctica entonces también se podrá obtener cualquier combinación lineal de ellos. Por otra parte, el segundo supuesto nos asegura que un aumento de los factores productivos utilizados nunca implicará una reducción en la cantidad de producto obtenida.

Este trabajo de Farrell tiene una enorme trascendencia, por cuanto es la primera aproximación a la estimación de la eficiencia desde una perspectiva fronteriza, y sienta las bases metodológicas en el análisis de la eficiencia productiva a partir de la estimación de fronteras de posibilidades de producción. Las estimaciones de este análisis exigen el conocimiento de las relaciones técnicas inherentes en la función de producción que define la isocuanta  $II'$ . Sin embargo, en muchos casos desconocemos esas relaciones técnicas, lo que complica la medición de la eficiencia. Por esta razón, Farrell propone un método de estimación de la función de producción, a partir de las observaciones

de las unidades productivas evaluadas. De esta forma, Farrell estima lo que él mismo denomina una función de producción empírica, a partir de las observaciones muestrales que exhiben mejores prácticas técnicas <sup>6</sup>.

### 1.3. Métodos para la medición de la eficiencia

La medición empírica de la eficiencia se ha abordado desde dos enfoques diferentes. El objetivo de este epígrafe es revisar las características fundamentales de estos dos enfoques <sup>7</sup>. Una primera aproximación consiste en adoptar un enfoque paramétrico. En las técnicas paramétricas se especifica un modelo, generalmente econométrico, que exige asumir una forma funcional explícita para la tecnología de producción y para la distribución de los residuos <sup>8</sup>. La estimación del grado de eficiencia de la muestra, y de cada unidad productiva, se realiza a partir de los valores que adoptan los residuos de la estimación. Una primera alternativa es suponer que la totalidad de la variación residual se debe a ineficiencias técnicas en la utilización de los recursos, dando lugar a un modelo determinístico de frontera (MDF) que permite conocer el grado de eficiencia de cada unidad de producción <sup>9</sup>. No obstante, atribuir a la ineficiencia el valor estimado de la pertur-

---

<sup>6</sup> Con relación al concepto de función de producción, Farrell (1957) distingue dos opciones. Por un lado, una función de producción teórica que debería ser especificada por ingenieros, y, por otra parte, una función empírica basada en los mejores resultados observados en la práctica. La primera opción se refiere a una relación técnica calculada a través de la investigación de las posibilidades científico-tecnológicas que relacionan el máximo *output* alcanzable de una combinación de *inputs*, mientras que en el segundo caso, según Farrell, se estima la frontera de mejor práctica técnica. Las dificultades inherentes en la estimación de la función teórica y, por otra parte, la convicción de que las comparaciones deben ser realizadas con los mejores resultados alcanzados en la práctica, más que con un estándar preestablecido, conducen a Farrell a concluir que la función a emplear en los trabajos aplicados debe ser la de producción empírica.

<sup>7</sup> Una revisión y discusión de las diferentes metodologías disponibles para la medición de la eficiencia puede consultarse en Lovell (1993).

<sup>8</sup> Respecto a la distribución que sigue el término de error que mide la ineficiencia, se supone generalmente que sigue una distribución seminormal, aunque en ocasiones también se utiliza una distribución exponencial o una gamma.

<sup>9</sup> Véase Aigner y Chu (1968) y Lovell y Schmidt (1987).

bación aleatoria sobrevalora el grado de ineficiencia técnica. Por este motivo, resulta más correcto reconocer que la perturbación aleatoria del modelo incluye, además de la medida de la ineficiencia, los *shocks* aleatorios y los errores de medida propios de toda estimación estadística. Para solucionar este problema se puede aplicar un modelo estocástico de frontera (MEF)<sup>10</sup>. La principal virtud del modelo estocástico es que permite separar, para la muestra en su conjunto, el impacto de la ineficiencia técnica y de los fenómenos aleatorios sobre el valor de los residuos; aunque ello requiere aceptar supuestos exigentes acerca de la distribución que sigue el término de error. Por otra parte, su debilidad reside en que no puede obtenerse una estimación de la ineficiencia en que incurre cada unidad productiva de forma particularizada. Un procedimiento que permite eludir este inconveniente es la medición de la frontera de posibilidades de producción a través de un enfoque paramétrico con datos de panel. Las ventajas de la utilización de esta técnica frente a la de corte transversal son diversas. En concreto, posibilita la obtención de índices de eficiencia individual sin necesidad de suponer ninguna distribución de la ineficiencia e incorrelación de la ineficiencia con los regresores. Asimismo, es posible lograr una reducción del sesgo debido a las variables omitidas en las estimaciones, gracias a la eliminación del efecto de las variables no observadas, lo que permite la obtención de estimadores insesgados así como el aumento de grados de libertad<sup>11</sup>.

Los métodos paramétricos son métodos poco flexibles. En este sentido, errores en la especificación de la forma funcional pueden introducir sesgos en los resultados. Es muy importante elegir la función de producción precisa que sea capaz de modelizar los procesos productivos objeto de análisis. La búsqueda de una función de producción menos restrictiva que la Cobb-Douglas y que la CES (*Constant Elasticity Substitution*) dio lugar a una especificación más flexible, que no presenta restricción alguna so-

---

<sup>10</sup> Véase Aigner, Lovell y Schmidt (1977).

<sup>11</sup> La definición de fronteras estocásticas, basándose en la técnica de datos de panel, fue sugerida por Pitt y Lee (1981) e inicialmente adaptada por Schmidt y Sickles (1984) siguiendo desarrollos teóricos propios y de otros autores (Hsiao, 1986).



bre las elasticidades de sustitución entre los factores<sup>12</sup>. Así, Christiansen, Jorgenson y Lau (1971) definieron una función translogarítmica de producción, en la cual la sustituibilidad entre los factores no se encuentra restringida. La utilización de formas funcionales más flexibles reduce la posibilidad de errar en la estimación del grado de eficiencia de diversas actividades, cuando la auténtica tecnología subyacente se aleja de las formas funcionales más restrictivas como la Cobb-Douglas o la CES. Sin embargo, estas formas funcionales más flexibles consumen grados de libertad, reduciendo la precisión con la que los parámetros son estimados.

Dentro de este enfoque paramétrico, se pueden diferenciar dos variantes principales, según que la forma funcional que se va a estimar sea una función de tipo medio o una función frontera. La aproximación paramétrica de tipo medio estima, por medio del análisis de regresión, el valor medio de la variable dependiente, en términos de las variables independientes. Por otra parte, la aproximación paramétrica de tipo frontera estima, también por el análisis de regresión, el máximo *output* que generan los *inputs* empleados en las unidades productivas más eficientes de la muestra. El concepto de eficiencia descarta todas aquellas aproximaciones de no frontera, esto es, análisis en términos del comportamiento medio esperado para el cálculo de la eficiencia. Como afirman Ganley y Cubbin (1992), esta función media es un indicador engañoso de las posibilidades de producción eficientes tanto en el ámbito teórico como en el práctico. A nivel práctico, puede ocurrir que los estándares medios estimados actúen como un desincentivo en el rendimiento productivo de aquellas unidades productivas con una eficiencia superior a la media. A nivel teórico, una función de producción media es inconsistente con el concepto de función de producción. En cambio, la evaluación de la eficiencia a través de una aproximación frontera sí que resulta mucho más consistente con el concepto de función de producción y de costes.

---

<sup>12</sup> En la función de producción Cobb-Douglas rige el supuesto de que la elasticidad de sustitución de los factores es siempre igual a la unidad, mientras que la función de producción CES se caracteriza por tener una elasticidad de sustitución constante.

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 <sup>13</sup>. 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 cualquier otra unidad, y que produce menos *outputs*, pertenece al conjunto de posibilidades de producción. Según la propiedad de convexidad, cualquier combinación lineal de dos puntos observados, que pertenezcan al conjunto de posibilidades de producción, pertenece también a dicho conjunto.

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. 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 <sup>14</sup>. Una ventaja adicional de los modelos DEA en relación con las aproximaciones econométricas es que ofrecen información particularizada para cada unidad productiva. Así, los niveles de eficiencia calculados a través de los modelos DEA están asociados con unidades productivas particulares, más que con medias estadísticas que no son directamente asignables a cada observación <sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> Véase Farrell (1957).

<sup>14</sup> Sexton, Silkman y Hogan (1986) demostraron cómo los resultados del modelo son muy sensibles a los errores de medida en las unidades eficientes, pues al afectar a la construcción de la frontera inciden en la evaluación no sólo de la propia unidad eficiente, sino también de otras unidades ineficientes incluidas en la muestra.

<sup>15</sup> La excepción, dentro de la aproximación paramétrica, se encuentra en los mé-

Otro tipo de información que los modelos DEA suministran sobre cada centro evaluado es la que se refiere a las ponderaciones de *outputs* e *inputs*, el grupo de referencia para las unidades ineficientes y los objetivos de producción y de consumo óptimos. Toda esta información pormenorizada resulta de enorme interés desde el punto de vista de la gestión.

Los índices de eficiencia calculados en el modelo DEA no tienen propiedades estadísticas, debido a que no se adopta ningún supuesto sobre su distribución. Por este motivo, se carece de un método formal de contrastación de hipótesis que permita valorar la bondad de la selección de las variables escogidas, y de los resultados del modelo. No obstante, este problema puede solventarse, en parte, mediante un estudio *ex post* de la sensibilidad de los resultados obtenidos bajo especificaciones alternativas <sup>16</sup>.

Por otra parte, el desarrollo de un modelo DEA estocástico, que pueda incorporar una medida de error y otras fuentes de ruido estadístico que contaminan los datos utilizados en el análisis, está aún lejos de completarse. El objetivo del DEA estocástico es corregir uno de los defectos fundamentales de las mediciones suministradas por los modelos matemáticos, que es la consideración como ineficiencia de los errores de medida y los ruidos estocásticos. Hasta el momento, las transformaciones propuestas consisten en modificar los modelos matemáticos planteando las restricciones en términos probabilísticos y asumiendo determinadas distribuciones de probabilidad para los *inputs* y los *outputs* (Fried, Lovell y Schmidt, 1993) <sup>17</sup>.

Los diferentes modelos planteados miden la eficiencia en relación con fronteras diferentes, deterministas o estocásticas, matemáticas o econométricas y paramétricas o no paramétricas. Por consiguiente, sería lógico esperar que existan discrepancias en los índices de eficiencia obtenidos, aunque sería deseable que se dieran algunos rasgos de consistencia entre los modelos. Uno de

---

todos estocásticos que utilizan datos de panel, en los cuales sí se ofrece una información particularizada para cada unidad productiva analizada.

<sup>16</sup> Véase Nunamaker (1985) y Valdmanis (1992).

<sup>17</sup> Algunas aproximaciones prometedoras en la investigación de los modelos DEA estocásticos son las realizadas por Banker (1993), Simar (1992), Land, Lovell y Thore (1993), Olesen y Petersen (1995) y Sengupta (1987).

ellos es que los modelos deterministas, al computar como ineficiencia el componente aleatorio, deberían mostrar menores índices de eficiencia que los modelos estocásticos. Si bien resultan comprensibles, y en cierto modo consistentes, las discrepancias en magnitud de las medidas de eficiencia que resultan de cada técnica, sería deseable que las ordenaciones de las unidades productivas no fueran muy sensibles a la técnica empleada. La preocupación que suscita la sensibilidad de los resultados a diferentes técnicas ha provocado la aparición en la literatura de estudios que analizan un mismo problema mediante diferentes instrumentos analíticos<sup>18</sup>. Gong y Sickles (1992) comparan la metodología DEA con los métodos estocásticos para estimar una tecnología subyacente conocida utilizando datos simulados, llegando a la conclusión de que, cuando la especificación elegida está cercana a la tecnología subyacente, los modelos paramétricos estocásticos son mejores que los modelos DEA. Sin embargo, cuando existen errores de especificación y la ineficiencia está correlacionada con los regresores, la metodología DEA es más consistente.

#### **1.4. Métodos no paramétricos de medición de la eficiencia: el Análisis Envolvente de Datos**

Charnes, Cooper y Rhodes desarrollan en 1978 una técnica denominada Análisis Envolvente de Datos (DEA) que consigue modelizar a través de la programación lineal el método propuesto por Farrell para medir la eficiencia. Como señalan Charnes, Cooper y Rhodes (1978), esta técnica ofrece un enorme interés para la medición de la eficiencia de las agencias públicas<sup>19</sup>. El epígrafe se articula de la siguiente forma: En primer lugar, se exponen las bases metodológicas sobre las que se asienta la medición de la eficiencia en el Análisis Envolvente de Datos. Esto es, describiremos la lógica que subyace en este método de medición de la eficien-

---

<sup>18</sup> Algunos trabajos que efectúan comparaciones entre distintas técnicas de medición de la eficiencia son los de Banker *et al.* (1988) y Gong y Sickles (1992).

<sup>19</sup> De aquí en adelante, nos referiremos a este modelo con la denominación DEA (*Data Envelopment Analysis*), mientras que las unidades productivas o *tomadoras de decisión* que componen la muestra se denominan DMU (*Decision Making Unit*).

cia. En segundo lugar, se presenta la descripción formal del método DEA con el aparato algebraico que caracteriza a los diferentes modelos. Finalmente, el desarrollo experimentado por la literatura a partir del trabajo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) nos exige analizar algunas extensiones del modelo matemático básico. En particular, las dos extensiones que ofrecen un mayor interés en esta investigación son la descripción de los modelos BCC que permiten caracterizar una tecnología de producción con rendimientos variables a escala y por otra parte la introducción de restricciones en las ponderaciones.

#### 1.4.1. El Análisis Envoltente de Datos

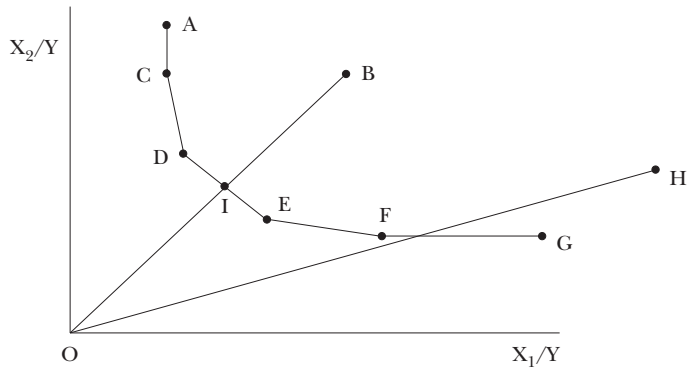
El Análisis Envoltente de Datos es un método no paramétrico y no estadístico. Según Ganley y Cubbin (1992) constituye una técnica no paramétrica porque no asume que la tecnología subyacente venga caracterizada por una forma funcional específica dependiente de un número finito de parámetros. Por consiguiente, la frontera de producción estimada por el DEA tiene, al contrario que los métodos paramétricos, un carácter implícito en el sentido de que no se especifica la relación que existe entre la producción máxima alcanzable y los factores implicados en la misma. Además, es un método no estadístico, como señala Sengupta (1987), porque no hace ningún supuesto explícito sobre la distribución de probabilidad de los residuos de eficiencia.

El criterio empleado por el Análisis Envoltente de Datos para definir la frontera de producción empírica es la noción paretiana de eficiencia. Así, se considera que una unidad productiva es eficiente si no existe ninguna otra en la muestra que produzca más de alguno de los *outputs* sin producir menos de algún otro, y sin utilizar más de alguno de los recursos productivos; o bien, si no existe ninguna unidad que produzca los mismos *outputs* con menos de algún factor productivo y no más de los restantes. La imposibilidad de establecer un estándar teórico de eficiencia obliga a adaptar la definición de eficiencia paretiana absoluta, de tal forma que tome como referencia los niveles observados que han sido alcanzados por otras unidades productivas (Norman y Stoker, 1991). Por tanto, la medida de eficiencia que se calcula es una medida relativa. Es decir, en primer lugar se identifican las

unidades productivas que exhiben las mejores prácticas técnicas, que son las que van a definir la frontera de posibilidades de producción,<sup>20</sup> y a continuación se mide la eficiencia de las restantes observaciones, evaluando su desviación con respecto a las unidades productivas que logran optimizar su rendimiento. La medición de la eficiencia en términos relativos explica la especial importancia que posee disponer de una muestra con un alto grado de homogeneidad, en la que las unidades productivas compartan una misma tecnología de producción.

En el siguiente análisis gráfico se explica la lógica con la que opera el Análisis Envoltente de Datos. Supongamos que el objetivo es medir la eficiencia productiva de ocho unidades. Denotaremos cada unidad productiva por las letras A, B, C, D, E, F, G y H. La cantidad de recursos empleados por unidad de producto para cada observación es la que se representa en el gráfico 1.2.

**GRÁFICO 1.2: El Análisis Envoltente de Datos y la frontera eficiente de producción**



Resultado de aplicar el criterio paretiano de eficiencia se obtiene la frontera eficiente formada por las unidades productivas C, D, E y F. Estas observaciones constituyen, según Tomkins y

<sup>20</sup> Según señalan Charnes y Cooper (1985) la ubicación de una unidad productiva sobre la frontera de posibilidades de producción constituye una condición necesaria pero no suficiente para ser eficiente. Así, una unidad productiva puede ofrecer un índice de eficiencia unitario y, sin embargo, no ser eficiente si presenta variables de holgura positivas.

Green (1988), el conjunto de centros no dominados. Sin embargo, la entidad B no cumple el requisito de eficiencia paretoiana, al ser una entidad dominada por D y E. El gráfico 1.2 revela que es posible producir lo mismo que B con menos recursos, ya que dos entidades de la muestra, D y E, lo hacen. Para calcular la eficiencia técnica de B el DEA compara la actividad de ésta con la de otra entidad eficiente que utiliza la misma combinación de *inputs*, pero en una proporción menor. Sin embargo, el gráfico 1.2 refleja que no existe en la muestra ninguna entidad real que cumpla esas condiciones. Como señalan Tomkins y Green (1988), en esta situación el Análisis Envoltente de Datos efectúa la comparación con una pseudo DMU formada a partir de una combinación lineal de las entidades más próximas a aquélla. En nuestro ejemplo, la evaluación de la entidad B se realiza comparándola con la pseudo DMU I, cuyos niveles de utilización de *inputs* por unidad producida son una media ponderada de los empleados por D y E. Por consiguiente, la frontera eficiente que se obtiene está formada por entidades realmente observadas, que utilizan las menores cantidades de factores productivos por unidad de *output* producida, y, por otra parte, por pseudo DMU o *entidades ficticias* que constituyen una combinación lineal de los *inputs* y *outputs* de las entidades reales. Esta forma de obtener la frontera de producción eficiente implica aceptar ciertos supuestos. Así, por ejemplo, se está asumiendo que los niveles de utilización de los factores de las entidades hipotéticas son factibles. Esto conlleva aceptar una sustituibilidad perfecta de los factores. Este supuesto, generalmente admitido por la teoría económica, se conoce como la condición de convexidad de la función de producción.

Una vez definida la frontera de posibilidades de producción, se puede medir la eficiencia de cada unidad productiva de la muestra. De esta forma, las unidades situadas sobre la frontera de producción alcanzan un índice de eficiencia unitario, mientras que las restantes unidades obtienen una medida de eficiencia relativa por comparación con alguna entidad eficiente. Así, por ejemplo, en el gráfico 1.2 se observa que la entidad B podría obtener su nivel actual de *output* utilizando una proporción  $OI/OB$  de los *inputs* que realmente utiliza. La eficiencia técnica que el modelo DEA le asignará será justamente ese cociente, que coin-

cide con la medida de eficiencia técnica de Farrell. El índice de eficiencia así calculado revela la cantidad mínima de recursos que la DMU en cuestión podría utilizar sobre los que realmente utiliza, para llevar a cabo su producción de forma eficiente. El conjunto de entidades reales eficientes, que constituyen el punto de comparación de la unidad evaluada, forma lo que se denomina grupo de referencia de dicha unidad. El grupo de referencia de una DMU que forma parte de la frontera eficiente está formado por ella misma, mientras que el grupo de referencia de la entidad B está formado por las DMU D y E, a partir de las cuales se genera la unidad productiva ficticia I. La identificación del grupo de referencia ofrece la ventaja de permitir formular objetivos de producción y de consumo óptimos, que permiten optimizar el rendimiento productivo de las entidades ineficientes.

La medición de la eficiencia puede llevarse a cabo desde distintas perspectivas que resultan coherentes con la noción económica de eficiencia paretiana. Así, con una orientación *input*, una entidad será calificada de ineficiente si se observa que existe otra DMU que combinando los *inputs* en la misma proporción, pero utilizando menores cantidades de los mismos, es capaz de alcanzar el mismo volumen de producción. En este caso, el modelo DEA evalúa como medida de la ineficiencia de esa DMU la reducción potencial de factores productivos que podría llevar a cabo sin alterar su producción. Por otra parte, si el análisis adopta una orientación *output*, una entidad será calificada como ineficiente cuando se observa que existe otra que, con los mismos recursos, produce mayor cantidad de todos sus *outputs*. En este caso, es el aumento equiproporcional en la producción lo que el DEA evalúa como medida de la ineficiencia de esa DMU. Cada uno de estos planteamientos se corresponde con un problema matemático diferente. Y la elección de una orientación *output* o *input* está condicionada por la naturaleza del problema concreto que se trata de resolver.

El trabajo de Farrell (1957) establece las bases metodológicas que permiten a Charnes, Cooper y Rhodes desarrollar unos modelos matemáticos basados en técnicas de programación lineal, capaces de estimar la eficiencia técnica con la que opera una muestra de unidades productivas. El modelo de Charnes, Co-



per y Rhodes o modelo CCR (1978) permite evaluar la eficiencia de una muestra de entidades caracterizadas por una función de producción multiproducto que emplea varios *inputs*<sup>21</sup>. Este indicador de eficiencia se define como el cociente de la suma ponderada de los *outputs* entre la suma ponderada de los *inputs*. El modelo se formula como un problema de optimización matemática condicionada, en el que las variables que se deben calcular son el propio indicador de eficiencia y las ponderaciones asociadas a las variables *inputs* y *outputs* que caracterizan a las unidades productivas. El modelo matemático básico que formulan Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) adopta una versión fraccional en el sentido de que tanto su función objetivo como sus restricciones se presentan en forma de fracción. La formulación matemática del modelo CCR, en su versión fraccional para el caso de  $n$  unidades productivas que producen  $s$  *outputs* a partir de  $m$  *inputs*, es la siguiente:

$$\text{Maximizar } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}}$$

*s. a.*

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij}} \leq 1; \quad j = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$u_{r0} \geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_{i0} \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

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  $j$ . Finalmente  $u_{r0}$  y  $v_{i0}$

---

<sup>21</sup> En el trabajo de Farrell (1957) solamente se evaluaba la eficiencia de una unidad productiva, que producía un único *output*. El problema de medición de la eficiencia de entidades caracterizadas por una función de producción multiproducto quedaba, por tanto, sin resolver.

representan las ponderaciones atribuidas al *output*  $r$  y al *input*  $i$  respectivamente, correspondientes a la entidad cuya eficiencia se va a evaluar. La resolución de este programa matemático permite determinar los valores de las variables  $u_{r0}$  y  $v_{i0}$ , y, por tanto, el índice de eficiencia  $h_0$  asignado a la unidad productiva evaluada. Resolviendo este programa para cada una de las  $n$  entidades, se obtiene la medida de eficiencia escalar para cada una de ellas. Las ponderaciones asignadas a las variables *inputs* y *outputs* se determinan endógenamente por la resolución del modelo, y pueden variar entre las distintas unidades productivas. Las ponderaciones obtenidas representan los valores atribuidos a cada *input* y *output*, que suministran el mayor índice de eficiencia posible a cada entidad, y que cumplen con la restricción de que esta combinación de ponderaciones, al aplicarlas al resto de entidades, generan un índice de eficiencia comprendido entre 0 y 1; y, además, las ponderaciones deben ser mayor o igual a 0<sup>22</sup>. En general, una entidad dará mayores ponderaciones a los *inputs* que utiliza menos, y a los *outputs* que produce en una cantidad mayor, ya que la ponderación que se obtiene al resolver el problema se calcula de tal forma que ofrece a cada DMU la valoración en términos de eficiencia más favorable posible (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). El producto de las ponderaciones asociadas a los respectivos *outputs* (*inputs*) por dichos niveles de *outputs* (*inputs*) se denomina *output* virtual (*input* virtual). De esta forma, el índice de eficiencia se calcula como el cociente de la suma de *outputs* virtuales entre la suma de *inputs* virtuales.

En 1979, Charnes, Cooper y Rhodes introducen una rectificación en el programa fraccional anterior. En concreto, exigen que las ponderaciones sean estrictamente positivas, sustituyendo las últimas  $m + s$  restricciones del modelo original por las siguientes:

$$u_{r0} > \varepsilon ; r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_{i0} > \varepsilon ; i = 1, 2, \dots, m$$

---

<sup>22</sup> Hay que señalar que la DMU objeto de evaluación aparece tanto en la función objetivo como en la restricción, lo que garantiza que siempre existe una solución al problema de programación matemática, con un valor de la función objetivo acotado entre 0 y 1 (Lewin y Morey, 1981).

siendo  $\varepsilon$  un número positivo suficientemente pequeño <sup>23</sup>. Tal y como señalan Wong y Beasley (1990) estas restricciones ofrecen dos ventajas. Por una parte, aseguran que el denominador del índice de eficiencia nunca sea nulo, y, por otra parte, garantizan que todos los *inputs* y *outputs* sean considerados en la evaluación de la eficiencia de la entidad.

La complejidad en la resolución de los problemas de programación en su versión fraccional conduce a Charnes, Cooper y Rhodes a convertirlos en problemas equivalentes de programación lineal. La transformación del problema fraccional en otro lineal puede efectuarse de dos formas diferentes, según la orientación *output* o *input* del problema, lo que da lugar a las dos versiones lineales del modelo CCR. Ambas versiones lineales se corresponden con las dos orientaciones factibles: la eficiencia en términos de *input* y la eficiencia en términos de *output*. Las dos versiones lineales del modelo CCR se derivan de que la maximización de la función objetivo del problema fraccional se puede efectuar de dos formas equivalentes: maximizando el numerador manteniendo fijo el denominador, o bien, minimizando el denominador manteniendo constante el numerador.

La formulación matemática del modelo CCR en la versión lineal con una orientación *output* es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } \phi_0 &= \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0} \\ \text{s. a. } \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij} &\leq 0; \quad j = 0, 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} &= 1 \\ u_{r0} &\geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \\ v_{i0} &\geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

---

<sup>23</sup> Lewin y Morey (1981) denominan a estas restricciones de estricta positividad de las ponderaciones como restricciones al límite inferior (*lower bound constraints*).

La formulación matemática del modelo CCR en su versión lineal con una orientación *input* viene dada por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned}
 \text{Minimizar } \phi_0 &= \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} \\
 \text{s. a. } \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij} &\leq 0; \quad j = 0, 1, \dots, n \\
 \sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0} &= 1 \\
 u_{r0} &\geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 v_{i0} &\geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m
 \end{aligned}$$

Las variables  $\phi_0$  y  $\varphi_0$  representan respectivamente los índices de eficiencia obtenidos con una orientación *output* y con una orientación *input*. Por definición, la función objetivo de estos modelos cumple que  $\varphi_0 = 1 / \phi_0$ . Esta ecuación, que relaciona la ratio de eficiencia obtenida en la versión minimizadora de *inputs* con la que se obtiene en la versión maximizadora de *outputs*, se cumple únicamente en presencia de una tecnología caracterizada por tener rendimientos constantes a escala, como es la que se define en el modelo CCR. Los anteriores problemas de programación lineal tienen asociados sendos problemas duales. La resolución de los problemas duales es más sencilla, ya que presenta un menor número de restricciones que sus primales. Como señalan Phillips, Ravindran y Solberg (1976), la eficiencia de cálculo del algoritmo *Simplex* para la resolución de problemas de programación lineal aumenta conforme disminuye el número de restricciones del modelo lineal. Por otra parte, los problemas duales ofrecen ventajas notables respecto a la interpretación de la eficiencia. La formulación matemática del problema dual asociado al anterior modelo primal CCR, en su versión lineal y con una orientación *output*, es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimizar } \theta_0 - \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^+ + \sum_{r=1}^s s_r^- \right) \\
 & \text{s. a. } \quad \sum_{j=0}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^+ = \theta_0 x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \quad \quad \sum_{j=0}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^- = y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \quad \quad \lambda_j \geq 0; \quad j = 0, 1, 2, \dots, n \\
 & \quad \quad s_i^+ \geq 0 \\
 & \quad \quad s_r^- \geq 0
 \end{aligned}$$

La variable  $\theta_0$  representa la ratio de eficiencia de la unidad productiva cuya eficiencia se está evaluando. Las variables  $\lambda_j$  constituyen los parámetros a partir de los que se construye el grupo de referencia de la unidad productiva objeto de evaluación. Y constituyen junto con  $\theta_0$  las variables que se han de 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. Por tanto, este modelo dual calcula la eficiencia desde una orientación *input*. La unidad productiva evaluada,  $DMU_0$ , es completamente eficiente si se cumple que el índice de eficiencia es igual a 1,  $\theta_0^* = 1$ , y todas las variables de holgura son nulas, esto es,  $s_i^- = s_i^+ = 0$ . Si la unidad productiva evaluada presenta un valor óptimo de  $\theta_0^* < 1$ , la entidad es ineficiente desde el punto de vista técnico, por cuanto puede reducir las cantidades empleadas de todos sus *inputs* en una proporción igual a  $(1 - \theta_0^*)$ . 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*. Por otra parte, el desarrollo matemático del problema dual asociado al modelo CCR primal, con una orientación *input* y en su versión lineal, es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximizar} \quad \eta_0 + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^+ + \sum_{r=1}^s s_r^- \right) \\
 \text{s. a.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^+ = x_{i0}; \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^- = \eta_0 y_{r0}; \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0; \quad j = 0, 1, \dots, n \\
 & s_i^+ \geq 0 \\
 & s_r^- \geq 0
 \end{aligned}$$

Se observa que en el modelo CCR dual con una orientación *output* la función objetivo exige la maximización del índice de eficiencia,  $\eta_0$ . De esta manera, el modelo trata de determinar el máximo incremento radial de producción,  $(\eta_0 - 1)$ , que debe realizar una unidad productiva para llegar a ser eficiente. La resolución del modelo implica calcular tantos problemas de programación lineal como unidades productivas existan en la muestra. En el modelo CCR dual con una orientación *output* podemos interpretar que sus primeras  $m$  restricciones tratan de determinar si existe alguna entidad, real o ficticia, 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  $\lambda_j > 0$ . La teoría de la dualidad asegura que, si una variable dual es positiva, su restricción correspondiente en el primal está saturada, es decir, se cumplirá con igualdad. Por tanto, si  $\lambda_j > 0$  indica:

$$\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij} = 0$$

lo que implica:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij}} = 1$$

y por tanto la unidad productiva  $j$  es eficiente. Las entidades en las que  $\lambda_j > 0$  permiten construir una unidad hipotética con unos *inputs* y unos *outputs* dados por las expresiones  $\sum \lambda_j x_{ij}$  y  $\sum \lambda_j y_{rj}$  respectivamente, que es perfectamente eficiente y que sirve como punto de referencia en la evaluación de la eficiencia de la entidad que se evalúa.

Si  $\lambda_k = 0$ , entonces se obtiene:

$$\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ik} < 0$$

lo que implica:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ik}} < 1$$

y por tanto la entidad  $k$  es ineficiente y no formará parte del grupo de referencia de la entidad objeto de evaluación.

Por consiguiente, los resultados que pueden obtenerse al evaluar la eficiencia de una determinada unidad productiva,  $DMU_0$ , son los siguientes:

Una primera situación posible consiste en que la unidad productiva que evaluamos,  $DMU_0$ , sea eficiente.

Como señalan Charnes, Cooper y Rhodes (1978), la eficiencia de una unidad productiva exige la concurrencia simultánea de dos condiciones: el índice de eficiencia debe ser igual a 1 y, por otra parte, las variables de holgura de todos los *inputs* y los *outputs* deben ser nulas, esto es,  $s_i^+ = 0$  y  $s_r^- = 0$  <sup>24</sup>. En este caso, no existe en la

---

<sup>24</sup> Los resultados que se obtienen con el modelo DEA no permiten comparar o discriminar entre dos unidades productivas que se encuentran situadas en la frontera eficiente.

muestra ninguna otra unidad productiva que consuma, como mucho, los mismos recursos que la  $DMU_0$  y produzca, al menos, lo mismo que ella. Por consiguiente, todas las variables  $\lambda_j$  serán nulas, excepto la correspondiente a la propia entidad que evaluamos,  $\lambda_0$ , que valdrá 1.

Una segunda posibilidad consiste en que la unidad productiva  $DMU_0$  sea ineficiente. En este caso, algún  $\lambda_j > 0$ , con  $j \neq 0$ . Por consiguiente, en la muestra existe alguna entidad que consume como mucho los mismos recursos que la  $DMU_0$ , y produce al menos lo mismo que ella. Además, la ineficiencia de la unidad evaluada se puede caracterizar hasta de tres formas diferentes:

En primer lugar, la unidad productiva evaluada puede obtener un índice de eficiencia unitario y alguna de las variables de holgura es distinta de 0. Esto indica que no es posible ningún incremento (reducción) radial de los *outputs (inputs)*, pero sí un incremento (reducción) específico y no radial de algún *output (input)*.

En segundo lugar, el índice de eficiencia es distinto de 1 y todas las variables de holgura son nulas. En este caso, la unidad productiva no es eficiente, en la medida en que es posible obtener un incremento radial en todos sus *outputs* sin alterar los recursos que utiliza.

Y una última posibilidad viene caracterizada porque se obtiene un índice de eficiencia no unitario y alguna variable de holgura es positiva. En este caso, la eficiencia de la  $DMU_0$  exige, primero, un incremento radial en todos sus *outputs* en la proporción que determina el índice de eficiencia; y, seguidamente, un incremento (disminución) específico y no radial del *output (input)* en el que aparece la holgura.

Por tanto, un índice de eficiencia unitario es una condición necesaria, pero no suficiente, para alcanzar la eficiencia técnica, pues además se exige que las variables de holgura sean nulas. Una ratio de eficiencia unitaria implica que la unidad productiva se sitúa sobre la frontera de producción. Si, además, las variables de holgura son nulas, entonces dicha unidad se sitúa en el subconjunto eficiente de la frontera de posibilidades de producción.

Las coordenadas de una unidad productiva que se sitúa sobre la frontera vienen dadas por  $(y_{r0}^*, x_{i0}^*)$ , que representan los objetivos de producción y de consumo óptimos, respectivamente, y se obtienen de las siguientes expresiones.



En un programa de maximización de *outputs*:

$$\begin{aligned} y_{r0}^* &= y_{r0} \theta^* + s_{r0}^* \\ x_{i0}^* &= x_{i0} - e_{i0}^* \end{aligned}$$

Y en un programa de minimización de *inputs* vendrían dados por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} y_{r0}^* &= y_{r0} + s_{r0}^* \\ x_{i0}^* &= \theta^* x_{i0} - e_{i0}^* \end{aligned}$$

Por consiguiente, 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 enorme interés desde una perspectiva de gestión. Para ello basta con aplicar a cada valor observado de los *inputs* el porcentaje de reducción global debido a la ineficiencia, y restarle el valor de la variable de holgura. En el caso de los *outputs*, al valor observado se le aplica el porcentaje de incremento potencial debido a la ineficiencia, y se le suma el valor de la variable de holgura.

#### 1.4.2. Los rendimientos a escala. El modelo BCC

A un mayor nivel de producción o escala de operaciones puede verificarse que la unidad productiva exhiba un mayor nivel de eficiencia, derivado del aprovechamiento de las economías de escala. Cuando el modelo se especifica con rendimientos constantes a escala, se está obviando la influencia que la escala concreta en que opera una organización puede tener sobre sus posibilidades de producción. Para detectar las potenciales fuentes de ineficiencia, que provienen de la escala de operaciones en la que opera una entidad, se requiere formular un modelo como el que plantean Banker, Charnes y Cooper (BCC) en 1984, caracterizando una función de producción con rendimientos variables a escala<sup>25</sup>. La formulación matemática de un modelo BCC es la siguiente:

---

<sup>25</sup> El método propuesto por Farrell (1957) consistía en particionar la muestra total en subgrupos de entidades, atendiendo a su tamaño, y estimar una frontera de posibilidades de producción para cada subgrupo. Si los índices de eficiencia son aproxi-

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

s. a.

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

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

$$s_i^+ \geq 0$$

$$s_r^- \geq 0$$

La versión dual del modelo anterior es la siguiente:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} - u_0$$

s. a.

$$\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{ij} + u_0 \leq 0 \quad j = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_{r0} y_{r0} = 1$$

$$u_{r0} \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_{i0} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

El modelo BCC permite obtener una cuantificación de la eficiencia técnica pura, no contaminada por los efectos de la escala en la que opera cada entidad. Por tanto, este modelo permite separar la eficiencia técnica y la eficiencia de escala de las unidades productivas. Cuando la tecnología presenta rendimientos variables a escala significa que es posible tener rendimientos crecientes, constantes o decrecientes a lo largo de la frontera de posibili-

---

madamente iguales que los que se obtienen cuando se utiliza la muestra completa, esto significa que no existen efectos de escala afectando a los índices de eficiencia.

dades de producción, por lo que la frontera puede incluir unidades con ineficiencias en la escala, pero técnicamente eficientes dentro de esa escala de operaciones. La medida de eficiencia estimada con rendimientos constantes a escala es siempre menor o igual que la medida de eficiencia que se estima con rendimientos variables a escala<sup>26</sup>. En efecto, la ratio de eficiencia al permitir rendimientos variables de escala es mayor, ya que no se consideran las posibles ineficiencias derivadas de no operar en la escala más productiva<sup>27</sup>. Por otra parte, con rendimientos constantes a escala, la medida de eficiencia que se obtiene con una orientación *input* es igual al inverso de la medida orientada al *output*<sup>28</sup>. En cambio, esta relación entre las estimaciones de eficiencia, según la orientación del modelo, no se mantiene con un modelo BCC. De ahí la importancia de seleccionar la orientación apropiada del modelo, de acuerdo a la naturaleza concreta del problema que se está evaluando. Las medidas de eficiencia proporcionadas por ambos modelos serán iguales si, y sólo si, la unidad productiva en el modelo con rendimientos variables a escala opera en la escala más productiva, esto es, si la solución óptima del modelo con rendimientos constantes a escala satisface la restricción  $\sum \lambda_j = 1$ . Por último, el cociente entre el índice de eficiencia con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables a escala reflejará una medida de la eficiencia de escala.

El modelo CCR permite que cualquier valor no negativo de  $\lambda_j$  sea posible, y, por tanto, que unidades de gran escala sean comparadas con unidades hipotéticas de reducida escala (y a la inversa), posibilidades que en la práctica pueden resultar inapropiadas. La inclusión de la restricción  $\sum \lambda_j = 1$  en el modelo BCC garantiza que los puntos de comparación serán las combinaciones lineales convexas de las entidades, que reflejan las mejores prácticas técnicas para cada escala de operación. Esto es, con rendimientos variables a escala se garantiza que las comparaciones se van a establecer entre unidades homogéneas en cuanto a la es-

---

<sup>26</sup> La demostración rigurosa de este resultado se encuentra en Grosskopf (1986).

<sup>27</sup> La frontera con rendimientos variables de escala queda envuelta por la frontera de producción estimada, al asumir rendimientos constantes de escala.

<sup>28</sup> La demostración de este resultado se encuentra en Seiford y Thrall (1990).

cala de operación, y no con relación a extrapolaciones de entidades que operan a diferente escala.

Banker, Charnes y Cooper (1984) demuestran que el tipo de rendimientos a escala en que opera una entidad puede obtenerse a partir de la solución óptima del modelo BCC. La medida de los rendimientos de escala se asocia con el signo de la variable dual que denominamos  $u_0$ , de manera que:

- Si  $u_0 < 0$ , la tecnología de producción presenta rendimientos crecientes de escala.
- Si  $u_0 = 0$ , la tecnología de producción presenta rendimientos constantes de escala.
- Si  $u_0 > 0$ , la tecnología de producción presenta rendimientos decrecientes de escala.

Otra forma alternativa de calcular los rendimientos a escala de cada entidad es la que sugiere Banker (1984). Este autor demuestra que la estimación de los rendimientos de escala puede derivarse del sumatorio de las variables  $\lambda_j$  del modelo CCR en cualquiera de sus versiones. En concreto demuestra que:

- Si  $\sum \lambda_j \leq 1$ , la tecnología de producción presenta rendimientos crecientes a escala.
- Si  $\sum \lambda_j = 1$ , la tecnología de producción presenta rendimientos constantes a escala.
- Si  $\sum \lambda_j \geq 1$ , la tecnología de producción presenta rendimientos decrecientes a escala.

## **1.5. La evaluación de la eficiencia mediante la restricción de las ponderaciones**

### **1.5.1. Justificación de las restricciones en las ponderaciones**

En el modelo DEA, la eficiencia relativa de una unidad productiva se evalúa calculando la ratio de la suma ponderada de sus *outputs*, con respecto a la suma ponderada de sus *inputs*. Así, se resuelve un problema de programación lineal para cada unidad productiva de la muestra, en el que se calculan las ponderaciones

asociadas a los *inputs* y a los *outputs* que maximizarían su eficiencia. Además, el modelo DEA básico permite una flexibilidad total en la selección de las ponderaciones. Esta flexibilidad de las ponderaciones, si bien constituye una de las principales ventajas de la técnica, también puede ser criticada por varios motivos.

En primer lugar, con los modelos DEA las unidades extremas u *outliers* tienden a ser evaluadas como eficientes. En este sentido, si una DMU se muestra muy superior al resto de unidades en una determinada ratio *output-input*, tenderá a ser evaluada como eficiente, ya que podrá basar su análisis exclusivamente en dicha ratio asignando ponderaciones nulas a todos los demás factores. Por tanto, una DMU que adopte una política de especialización extrema puede obtener un índice de eficiencia unitario. En segundo lugar, con una flexibilidad total de las ponderaciones, la evaluación de la eficiencia puede llegar a realizarse sin considerar todos los *inputs* o todos los *outputs*, en la medida en que las ponderaciones asociadas a estas variables sean nulas. Esto es difícilmente aceptable, sobre todo si las ponderaciones nulas se asignan a factores especialmente relevantes en el análisis. En este sentido, la evaluación de la eficiencia de algunas unidades puede basarse en factores secundarios, ocultando ineficiencias producidas en las actividades más importantes realizadas por las unidades productivas. Por último, la flexibilidad de las ponderaciones puede conducir a índices de eficiencia basados en ponderaciones que no sean consistentes con la importancia relativa de cada factor en el proceso productivo (Pedraja, Salinas y Smith, 1994). Estas ponderaciones podrían reducir, en alguna situación, la credibilidad de los índices de eficiencia obtenidos.

Este tipo de problemas puede solventarse mediante la introducción de restricciones en las ponderaciones del modelo. Las siguientes razones permiten justificar dicha introducción.

En primer lugar, las unidades que se comparan han de ser homogéneas, esto es, han de producir los mismos *outputs* a partir de los mismos *inputs*, y han de tener los mismos objetivos globales. Aunque es deseable cierto grado de flexibilidad en los valores asignados a las ponderaciones, para que las unidades productivas reflejen sus circunstancias particulares, puede resultar inaceptable que estos valores sean completamente diferentes para las distintas unida-

des productivas. Estableciendo límites, entre los cuales las ponderaciones pueden variar, se mantiene cierta flexibilidad y, por otra parte, se logra que la evaluación de la eficiencia de las unidades productivas se fundamente en los mismos factores productivos. De esta manera, se garantiza que ninguna variable sea eliminada del análisis de eficiencia de ninguna unidad y, además, que la medición de la eficiencia no se base excesivamente en uno o en unos pocos factores (Thanassoulis, Dyson y Foster, 1987). En este sentido, una utilidad de las restricciones en las ponderaciones es que permite detectar DMU que pueden considerarse como atípicas en sus procesos productivos. Por otra parte, en algunas circunstancias, pueden existir razones para ponderar de forma diferente las variables que caracterizan la tecnología de producción, en un intento de incorporar la importancia relativa de los *inputs* y *outputs* empleados en la evaluación (Dyson y Thanassoulis, 1988 y Pedraja, Salinas y Smith, 1994). Además, para un tamaño muestral dado, cuanto mayor sea el número de *inputs* y de *outputs* que definen la función de producción, mayor será el número de unidades evaluadas como eficientes y menor será el poder de discriminación de la técnica. En este sentido, la introducción de restricciones en las ponderaciones mejora el poder discriminatorio del modelo (Thompson *et al.*, 1986). Por último, en la medida en que el objetivo del proceso productivo es generar valor añadido sobre los *inputs* que serán transformados en *outputs*, la introducción de restricciones en las ponderaciones puede justificarse para reflejar las relaciones existentes entre *inputs* y *outputs* específicos en el proceso productivo (Thanassoulis, Boussofiane y Dyson, 1995).

### 1.5.2. Diferentes métodos para introducir restricciones en las ponderaciones

Existen distintas formas de introducir restricciones en las ponderaciones en un modelo DEA. A continuación se revisan distintos métodos de incorporar estas restricciones en un modelo CCR, esto es, bajo el supuesto de que la tecnología de producción exhibe rendimientos constantes de escala <sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> En Allen y Thanassoulis (1996) y en Roll y Golany (1993) se revisan distintos métodos para restringir la flexibilidad de las ponderaciones en el Análisis Envolvente de Datos.

En primer lugar, Thompson *et al.* (1990) desarrollan un procedimiento basado en la idea de región de confianza (*assurance region* o AR), que introduce restricciones lineales en el modelo para limitar los márgenes de variación de las ponderaciones asociadas a los *inputs* y a los *outputs*. La ratio de las ponderaciones asociadas a dos *inputs* (*outputs*) nos ofrece una estimación de la relación técnica de sustitución (relación marginal de transformación). Estas ratios, sin embargo, no siempre se pueden definir, ya que algunas de las ponderaciones de los *inputs* o de los *outputs* obtenidas pueden ser nulas<sup>30</sup>. Esto puede representar un problema, atendiendo a los fundamentos económicos del asunto objeto de evaluación. Por este motivo, se introducen en el modelo unas restricciones en las ponderaciones que especifican un rango de variación para determinadas relaciones tecnológicas, como, por ejemplo, para las relaciones técnicas de sustitución entre los *inputs*<sup>31</sup>. La formulación matemática de este tipo de restricciones es la siguiente:

$$\alpha_i \leq \frac{v_i}{v_{i+1}} \leq \beta_i$$

Las variables  $\alpha_i$  y  $\beta_i$  son constantes y  $v_i$  representa las ponderaciones asociadas a los *inputs*. Esta ratio mide la relación técnica de sustitución entre dos *inputs*. En ocasiones, el límite superior o inferior es omitido. Cuando se impone una restricción de este tipo, el índice de eficiencia que se obtiene con una orientación *output* es el inverso del que se obtiene con una orientación *input*. Además, se asegura que existe en todo caso una DMU eficiente. La determinación de los límites que se imponen en la restricción se realiza, bien apoyándose en la opinión de los expertos (Beasley, 1990), o en la opinión de los expertos en conjunción con información sobre precios y costes (Thompson *et al.*, 1986).

---

<sup>30</sup> Estrictamente hablando, las ponderaciones del modelo DEA están sujetas a ser mayor que una medida infinitesimal  $\varepsilon$  (Charnes, Cooper y Rhodes, 1979), pero en términos prácticos, ésto puede conducir todavía a una relación técnica de sustitución o a una relación marginal de transformación no definida.

<sup>31</sup> En los trabajos de Bessent *et al.* (1988) y Olesen y Petersen (1991) se introducen restricciones en las ponderaciones, con el objetivo de especificar unas relaciones técnicas de sustitución acordes con la teoría económica.

Otra forma de introducir restricciones en las ponderaciones consiste en relacionar las de los *inputs* y las de los *outputs*<sup>32</sup>. En algunos procesos productivos resulta que determinados *outputs* están relacionados directamente con *inputs* específicos, y, por tanto, sería de esperar que las ponderaciones asignadas a estas variables *inputs* y *outputs* estén asociadas de alguna forma. Con este tipo de restricciones, los índices de eficiencia que se obtienen bajo una orientación *output* e *input* se encuentran relacionados por una relación inversa. En este caso, la imposición de las restricciones podría dar lugar a que el modelo no tenga solución. La expresión matemática de este tipo de restricciones es la siguiente:

$$\gamma_i v_i \geq u_r$$

La variable  $\gamma_i$  constituye una constante y las variables  $v_i$  y  $u_r$  representan, respectivamente, las ponderaciones asociadas a las variables *input* y *output*.

Las restricciones presentadas hasta el momento constituyen restricciones en las ponderaciones en sentido relativo, en la medida en que los límites que se fijan a cada ponderación dependen de los valores asignados al resto de ellas. Ahora bien, otra posibilidad consiste en introducir en el modelo restricciones en las ponderaciones en sentido absoluto. Las restricciones en sentido absoluto son las que establecen un margen de variación a los valores que pueden tomar cada una de las ponderaciones, con independencia de los valores que se asignen a las demás. Con restricciones en las ponderaciones en sentido absoluto, cambiar la orientación *output* o *input* en el modelo DEA produce índices de eficiencia diferentes. Además, este tipo de restricciones puede provocar que el modelo no tenga solución. La expresión matemática de este tipo de restricciones viene definida de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \delta_i &\leq v_i \leq \tau_i \\ \rho_r &\leq u_r \leq \eta_r \end{aligned}$$

---

<sup>32</sup> Véase Thanassoulis, Boussofiane y Dyson (1995).



donde las variables  $\delta$ ,  $\tau$ ,  $\rho$  y  $\eta$  representan constantes. Según Roll, Cook y Golany (1991) y Golany (1988), las ponderaciones en sentido relativo presentan un interés mayor que las ponderaciones en sentido absoluto, cuando el objetivo consiste en asegurar que aquéllas reflejen la importancia relativa de cada factor.

En lugar de introducir restricciones en las ponderaciones, Wong y Beasley (1990) las introducen en los valores virtuales. Con el objetivo de limitar la importancia relativa que la unidad  $j$  asigna a un *output*  $r$  concreto, en un rango comprendido entre  $\alpha$  y  $\beta$ , se restringe la proporción del *output* virtual asociado a este producto  $r$ , en relación con la suma total de *outputs* virtuales. La expresión matemática de este tipo de restricción es la siguiente:

$$\alpha \leq \frac{u_r y_{rj}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \leq \beta$$

El denominador de esta expresión representa la suma total de los *outputs* virtuales de la DMU  $j$ , y el numerador, el *output* virtual del producto  $r$ . Con restricciones de este tipo, los índices de eficiencia calculados son sensibles a la orientación *output* o *input* que se adopte al formular el modelo.

Una dificultad añadida al aplicar restricciones en las ponderaciones es la estimación de los valores apropiados de los parámetros o constantes que figuran en las restricciones. Roll, Cook y Golany (1991) y Roll y Golany (1993) han sugerido diferentes alternativas para fijar estos límites, a partir de la matriz de ponderaciones del modelo con flexibilidad en las ponderaciones. Para Wong y Beasley (1990), estos valores pueden fijarse buscando un consenso entre los expertos del área objeto de análisis. Otra opción consiste en determinar los márgenes de variación, conforme a la interpretación económica del problema que se analiza. Así, por ejemplo, los límites podrían representar el coste máximo o mínimo asociado a un factor. Como señalan Roll, Cook y Golany (1991), existe una gran interdependencia entre los límites de las diferentes ponderaciones, ya que la fijación de límites en un subconjunto de ponderaciones puede afectar el rango de variación de otras. Finalmente, hay que señalar que la selección del tipo de

restricción que se introduce en el modelo está en función de la naturaleza específica del problema objeto de evaluación.

### **1.5.3. Efectos de las restricciones en las ponderaciones sobre la medición de la eficiencia**

Cuando se imponen restricciones en las ponderaciones se altera la interpretación de algunos de los resultados obtenidos con el modelo DEA. El objetivo de este epígrafe es analizar las implicaciones que la introducción de restricciones en las ponderaciones tiene sobre los índices de eficiencia, los objetivos de producción y consumo óptimos y los grupos de referencia.

En primer lugar, se analizan los efectos que la introducción de restricciones en las ponderaciones tiene sobre los índices de eficiencia. En este sentido, la introducción de restricciones en las ponderaciones puede conducir a que el problema carezca de solución. Así, las restricciones en las ponderaciones pueden impedir calcular la eficiencia de algunas unidades productivas, si el modelo no encuentra un conjunto de ponderaciones óptimas que satisfaga todas las restricciones incluidas en el problema. Asimismo, el establecimiento de un margen estrecho de variación para un subconjunto de ponderaciones puede afectar a los rangos, dentro de los cuales pueden variar el resto de factores, lo que afecta a los resultados obtenidos en los índices de eficiencia.

En ausencia de restricciones en las ponderaciones, el índice de eficiencia se interpreta como una medida radial, en el sentido de que representa la contracción en todos los *inputs*, o alternativamente la expansión en todos los *outputs*, y en el mismo porcentaje que resulta necesaria para que la unidad productiva alcance la eficiencia. Esta interpretación radial de los índices de eficiencia no se mantiene necesariamente en presencia de restricciones en las ponderaciones. 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.

En Pedraja, Salinas y Smith (1994) se examina cómo mejoran los resultados suministrados por el Análisis Envolvente de Datos

al incorporar en el modelo restricciones de carácter técnico-productivo. Para ello, se realiza una simulación de Monte Carlo, a partir de una función de producción Cobb-Douglas. Los resultados obtenidos con el modelo DEA convencional mejoran sustancialmente al introducir restricciones de carácter técnico-productivo, que reflejan la importancia relativa de los factores que caracterizan la tecnología de producción. Las estimaciones proporcionadas por el modelo DEA con ponderaciones restringidas se encuentran mucho más próximas a las eficiencias reales, elevándose el coeficiente de correlación entre la eficiencia real y la estimada de un 77,39 a un 98,79%.

Roll y Golany (1993) y Dyson, Thanassoulis y Athanassopoulos (1994) demuestran que la inclusión de restricciones en las ponderaciones en un modelo DEA conduce implícitamente a una modificación del conjunto de posibilidades de producción. Así, Roll y Golany (1993) demuestran, para el caso de dos *inputs* y un *output*, que introducir restricciones en las ponderaciones de los *inputs* en sentido absoluto, del tipo  $u_i \geq \alpha$ , es equivalente a extender la frontera de posibilidades de producción por la introducción de una hipotética DMU adicional. Asimismo, Thanassoulis y Allen (1998) demuestran que imponer restricciones relativas en las ponderaciones, del tipo  $\alpha u_i + \beta u_j \leq 0$ , es equivalente a extender la frontera de producción, lo que conduce a una ampliación del conjunto de posibilidades de producción. La inclusión de restricciones en las ponderaciones puede hacer que partes de la frontera eficiente del conjunto de posibilidades de producción resulten ineficientes.

En segundo lugar, se analizan los efectos de las restricciones en las ponderaciones sobre los objetivos de producción y consumo óptimos. Si el modelo no incorpora restricciones en las ponderaciones, estos objetivos de producción y consumo cumplen dos características. En primer lugar, dichos 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 *outputs* y de *inputs*. Estas dos características se pierden cuando se introducen restricciones en las ponderaciones. 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. Esta cuestión relativa a la reorientación en el énfasis que se da a cada variable *input* y *output* no aparece 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*.

Los objetivos de producción y consumo óptimos son los niveles de *inputs* y *outputs* que debe alcanzar una determinada unidad productiva para obtener un índice de eficiencia unitario. Estos objetivos de consumo y de producción óptimos vienen dados, respectivamente, por las siguientes expresiones:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_j^* \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^N y_{rj} \lambda_j^* \quad r = 1, 2, \dots, s$$

En Martínez (2000) se demuestra matemáticamente cómo los objetivos dados por el modelo DEA bajo restricciones en las ponderaciones 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*.

Finalmente, se analizan los efectos de las restricciones en las ponderaciones sobre el grupo de referencia de las unidades productivas ineficientes. 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*. En este caso, el índice de eficiencia asignado a esta última entidad será

mayor. Por tanto, una unidad productiva sólo será considerada eficiente cuando se ha verificado que no existe otra con mayor nivel de eficiencia, es decir, cuando se ha comprobado que no puede aumentar su producción sin variar los recursos, o que no puede producir lo mismo con menos *inputs*. El Análisis Envolvente de Datos proporciona los objetivos de producción y consumo que las unidades productivas ineficientes deben alcanzar para ser consideradas eficientes. En ausencia de restricciones en las ponderaciones, una unidad productiva elige aquellas ponderaciones que enfatizan sus mejores niveles de *inputs* o de *outputs* en relación con otras unidades. El grupo de referencia de las unidades productivas ineficientes está constituido por aquellas unidades que obtienen la eficiencia máxima cuando se les aplican las mismas ponderaciones que a la entidad que se evalúa, es decir, que tienen una estructura de producción similar a ella. Por tanto, cuando no existen restricciones en las ponderaciones hay una similitud en la composición *input-output* de una entidad ineficiente y las unidades de su grupo de referencia. Cuando se imponen las restricciones en las ponderaciones, una unidad productiva va a elegir también aquellas ponderaciones que ponen de manifiesto sus mejores niveles de *outputs* o de *inputs* en relación con otras entidades, pero en esta ocasión sujeto a satisfacer determinadas restricciones en las ponderaciones. Esto puede significar que las ponderaciones óptimas, que satisfacen las restricciones impuestas en las ponderaciones, enfatizan variables *inputs* y *outputs* diferentes de las que la entidad elegiría en ausencia de restricciones en las ponderaciones. Y estas ponderaciones pueden identificar unidades de referencia que inciden en variables *inputs* y *outputs* diferentes de aquellas que mejor demuestran las potencialidades de la entidad que se evalúa. En este caso, la unidad ineficiente va a ofrecer una composición *input-output* diferente de la de sus unidades de referencia. Por consiguiente, en presencia de restricciones en las ponderaciones, una unidad productiva ineficiente no va a ofrecer necesariamente una composición *input-output* similar a la de sus unidades de referencia. Cuando las unidades del grupo de referencia ofrecen una composición *input-output* muy diferente a la de la entidad cuya eficiencia se mide, su implicación es que esta última está dirigiendo sus esfuerzos hacia *inputs* y

*outputs* menos importantes, y 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. Esta cuestión relativa a la reorientación en el énfasis que se da a cada variable *input* y *output* no aparece 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*. Las variables  $\lambda_j$  calculadas en el modelo dual constituyen los parámetros a partir de los que se construye el grupo de referencia de la unidad productiva objeto de evaluación. Dicho grupo de referencia de las entidades ineficientes viene definido por aquel subconjunto de entidades eficientes que está determinado matemáticamente por aquellas entidades con valores de  $\lambda_j$  no nulos al resolver el problema de programación lineal. Los centros que forman el grupo de referencia son los que determinan conjuntamente la combinación lineal convexa, que sirve de referencia para evaluar las entidades ineficientes.

Las implicaciones matemáticas que se derivan de la introducción de restricciones en las ponderaciones en los modelos DEA, las formas alternativas de incluir dichas restricciones en los modelos, o, por ejemplo, la interacción de los límites sobre las ponderaciones, y cómo afecta el establecimiento de dichos límites a las soluciones proporcionadas por los modelos, constituyen áreas de investigación que no han sido exploradas en su totalidad.

### **1.6. Una aproximación no paramétrica para la medición de la eficiencia técnica en las instituciones de educación superior**

La evaluación de la eficiencia exige la definición, implícita o explícitamente, según la técnica aplicada, de una función de producción que caracterice el proceso productivo de las entidades objeto de evaluación. Por esta razón, es fundamental conocer la tecnología de producción del sector al que pertenecen las unidades objeto de evaluación, para definir los indicadores de *inputs* y *outputs* que permitan caracterizar la función de producción. En

general, la tecnología de producción de las agencias públicas presenta una serie de características que dificultan la medición de su eficiencia productiva. Algunas de estas dificultades son, por ejemplo, la determinación y cuantificación del *output*, la multiplicidad de objetivos con frecuencia ambiguos, la caracterización de la función de producción, la ausencia de precios de mercado y el reconocimiento de las diferencias de calidad en la prestación de Servicios Públicos. En la Administración Pública no es factible la optimización de la eficiencia en términos de la maximización del beneficio. En este sentido, la búsqueda de indicadores, que puedan sustituir la medida del beneficio en la evaluación de la eficiencia, constituye un reto para las agencias públicas si pretenden aplicar técnicas de gestión. En general, las agencias públicas actúan en un marco muy regulado, sujeto a estructuras burocráticas y no a la disciplina externa que impone el mercado. Así, la ausencia de mercado para la producción pública impide su valoración por parte de los consumidores.

En la evaluación del sector público en general y del sector educativo en particular, la evaluación de la eficiencia técnica resulta lo más apropiado, ya que tanto la eficiencia asignativa como la eficiencia global precisan información sobre el precio de los factores, algo habitualmente no disponible en las agencias públicas. 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.

Como señalan Murname y Nelson (1984), la aplicación del concepto de función de producción al sector educativo resulta más problemática que en otros sectores, debido a que exhibe una tecnología idiosincrática. Las especificidades de la tecnología de producción en la educación superior, así como las consecuencias que dicha tecnología impone en las posibilidades de gestión eficiente, hacen más coherente que las estimaciones de eficiencia se refieran a aquellas observaciones que exhiben las mejores prácticas técnicas. Esto es, resulta más apropiada la evaluación de la eficiencia mediante la estimación de una frontera de producción empírica. En este sentido, el Análisis Envoltente de Datos constituye

una metodología de enorme interés para la evaluación de la eficiencia en la educación superior. Como señalan Charnes, Cooper y Rhodes (1978), los modelos DEA fueron desarrollados en sus orígenes como un método para evaluar la eficiencia con la que operaban las entidades sin ánimo de lucro. Así, la primera aplicación de un modelo DEA tenía como objetivo evaluar la eficiencia de un experimento conocido como *Program Follow-Through* que se aplicó en los colegios públicos de Estados Unidos (Rhodes, 1978). Posteriormente, los modelos DEA se han aplicado a agencias públicas que operan en sectores muy diversos<sup>33</sup>. Esta técnica exige supuestos menos severos sobre el conjunto de posibilidades de producción que las técnicas paramétricas. Además, el Análisis Envoltente de Datos cuenta con la ventaja que ofrece su gran flexibilidad, permite modelizar funciones de producción multiproducto y suministra una información particularizada sobre el rendimiento de las unidades productivas, que resulta de enorme interés para la gestión pública.

---

<sup>33</sup> Así, por ejemplo, algunas investigaciones han medido la eficiencia en el sector hospitalario, como Grosskopf y Valdmanis (1987); en colegios, Lovell, Walters y Wood (1994); en universidades, Rhodes y Southwick (1986); en tribunales de justicia, Pedraja y Salinas (1995); en agencias tributarias, Thanassoulis, Dyson y Foster (1987); en oficinas de correo, Deprins, Simar y Tulkens (1984); en los servicios de protección contra incendios, Ahlbrandt (1973), o en las agencias de reclutamiento del ejército, Ali *et al.* (1993).





## 2. La tecnología de producción de las instituciones de educación superior

LA evaluación de la eficiencia exige la definición, implícita o explícitamente, según la técnica aplicada, de una función de producción que caracterice el proceso productivo. Por esta razón, en este capítulo indagamos 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<sup>34</sup> como una variable *proxy* de la producción científica (Ahn, Charnes y Cooper, 1988b), 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 insti-

---

<sup>34</sup> Existe un debate en la literatura en relación con la naturaleza de los fondos de investigación como un *output* o como un *input*.

tucional, 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 en el ámbito 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 universitarios 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 contrario, la evaluación de la calidad de la docencia conlleva mayor imprecisión y un coste normalmente superior (Sarrico, 1998 y 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 <sup>35</sup>. Por este motivo, en la evalua-

---

<sup>35</sup> Con relativa frecuencia, la evaluación de la eficiencia con la que operan las instituciones de educación superior se ha fundamentado en simples indicadores de ren-

ción del rendimiento productivo de las universidades, Osborne y Gaebler (1992), Paardekooper y Spee (1990) y Sizer (1990) recomiendan un sistema de evaluación que haga uso tanto de métodos cuantitativos basados en indicadores de rendimiento como de 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 e investigadora. En efecto, si un departamento resulta ineficiente en la actividad de investigación, hay que analizar si esto obedece a su escaso rendimiento en la actividad científica o a que dicho 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 representar potencialmente un *input* en el proceso productivo de investigación (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 cu-

---

dimiento 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.

rrículo y la provisión de equipos e infraestructuras para emplear en actividades docentes.

## **2.1. Incentivos y evaluación del desempeño en la Universidad**

Con frecuencia se defiende la retribución a los profesores de Universidad basada 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 basándose en un esquema de incentivos vinculado 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 sistema 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*<sup>36</sup>, 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<sup>37</sup>. 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 al.* (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

---

<sup>36</sup> El *efecto trinquete* consiste en la elevación de los estándares de desempeño tras una buena actuación.

<sup>37</sup> En el artículo 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 figura 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.

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<sup>38</sup>. 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<sup>39</sup>. 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<sup>40</sup>. 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 ignoradas en el diseño de políticas educativas y en los sistemas de evaluación del rendimiento productivo de las instituciones de educación superior.

La función de producción que estimamos se concentra en la evaluación de la producción de investigación de los departamentos universitarios. Por tanto, lo óptimo sería incluir en la función de producción exclusivamente aquel porcentaje de profesores que se dedican a la investigación, con el objetivo de evitar una sobredimensión en los *inputs* por la vía de incluir a profesores que se dedican exclusivamente a la actividad docente. En la revisión

<sup>38</sup> Vidal (1995) relaciona el número de alumnos y de profesores de las universidades públicas españolas, obteniendo un coeficiente de correlación del 95% y una media de 20 alumnos por profesor.

<sup>39</sup> Este decreto fue aprobado por el Consejo de Ministros el 12 de abril de 1991.

<sup>40</sup> 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.

de la literatura que se ha realizado, únicamente Johnes y Johnes (1993 y 1995) diferencian entre aquellos profesores que se dedican tanto a la docencia como a la investigación, y, por otro lado, aquellos que se dedican exclusivamente a la función de investigación <sup>41</sup>. En el caso español, no existe una delimitación precisa o una especialización de los profesores a cada una de estas actividades. Precisamente, ésta es la característica del proceso de producción conjunta, en la medida en que los mismos *inputs* se dedican simultáneamente a la producción de docencia e investigación. En este trabajo se dispone de datos acerca de la categoría docente de los profesores, de su dedicación según sea a tiempo completo o a tiempo parcial, y de su formación académica, diferenciando entre profesores doctores y no doctores. Las estadísticas elaboradas por el INE (1991), a partir de una Encuesta sobre el Empleo del Tiempo del Profesorado Universitario, son concluyentes en el sentido de que cualquiera de los grupos de profesores que se formen con las características anteriormente enumeradas: dedicación, categoría docente y formación académica, dedican un porcentaje de su tiempo a la actividad de investigación. Por consiguiente, no sería correcta la exclusión de alguno de estos grupos de profesores de la función de producción.

---

<sup>41</sup> Estas dos medidas se expresan en términos de personas-mes, para evitar que la alta movilidad del profesorado en las universidades británicas introduzca sesgos en la evaluación del periodo de cinco años que abarca el estudio.





### 3. La medición de la eficiencia de los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico

EL objetivo de este capítulo es demostrar que la eficiencia de los departamentos de la Universidad puede cuantificarse. Para acometer esta compleja tarea el Análisis Envolvente de Datos (DEA) constituye una técnica de enorme atractivo. En concreto ofrecemos una aplicación empírica del modelo DEA para la evaluación de la eficiencia técnica de una muestra de 23 departamentos de Fundamentos del Análisis Económico de universidades públicas españolas. El capítulo se estructura de la siguiente forma: En primer lugar describimos la muestra objeto de análisis. En segundo lugar caracterizamos la función de producción que se va a estimar. En tercer lugar se selecciona un modelo envolvente de datos que introduce restricciones en las ponderaciones, con el objetivo de superar los problemas asociados a la excesiva flexibilidad en las ponderaciones, a la vez que se introducen criterios de calidad en la evaluación de la eficiencia técnica. Analizamos los resultados obtenidos haciendo especial hincapié en la cualificación de los departamentos eficientes y en los objetivos de producción y consumo óptimos de los departamentos ineficientes. Finalmente examinamos la robustez de los resultados obtenidos a través de un análisis de sensibilidad de los *outputs* y de los *inputs*.

#### 3.1. La homogeneidad de la muestra

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 idéntico marco institucio-

nal. 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 <sup>42</sup>. 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 (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 <sup>43</sup>. La muestra final que aparece en el cuadro 3.1 está formada por 23 departamentos de Fundamentos del Análisis Económico <sup>44</sup>. Por tanto, los centros objeto de análisis son muy homogéneos y presentan características productivas e institucionales idénticas. El periodo objeto de evaluación es el curso académico 1994-1995.

El artículo octavo de la Ley de Reforma Universitaria (LRU) considera a los departamentos universitarios como los órganos básicos encargados de organizar y desarrollar la investigación y las enseñanzas propias de sus respectivas áreas de conocimiento. Los departamentos pueden aglutinar una o varias áreas de conocimiento, siendo función de las facultades y escuelas universitarias la coordinación de las actuaciones departamentales, supervi-

---

<sup>42</sup> En algunas universidades la agrupación de áreas de conocimiento se debe más a necesidades administrativas que a criterios de afinidad científica.

<sup>43</sup> Lovell y Pastor (1996) demuestran que un modelo CCR con una orientación *output* (una orientación *input*) sin *inputs* (*outputs*) carece de sentido.

<sup>44</sup> En general, nos referiremos a departamentos universitarios, aunque, como se observa en el cuadro 3.1, algunas unidades objeto de análisis son únicamente áreas de conocimiento que forman parte de un departamento de dimensión mayor. Asimismo, en algunos casos, nos referiremos en general a los departamentos de Economía, aunque únicamente se evalúa a los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico.

**CUADRO 3.1: Departamentos de Fundamentos del Análisis Económico**

Universidades	Departamento	Área de conocimiento
U. Alcalá de Henares (UAH)	Fundamentos de Economía e Historia Económica	Fundamentos del Análisis Económico
U. Alicante (UAL)	Fundamentos del Análisis Económico	—
U. Autònoma de Barcelona (UAB)	Economía e Historia Económica	Fundamentos del Análisis Económico
U. Autònoma de Madrid (UAM) I	Análisis Económico: Teoría Económica e Historia Económica	Fundamentos del Análisis Económico
U. Autònoma de Madrid (UAM) II	Análisis Económico: Economía Cuantitativa	Fundamentos del Análisis Económico
U. Cantabria (UCN)	Economía	Fundamentos del Análisis Económico
U. Carlos III de Madrid (UCAR)	Economía	Fundamentos del Análisis Económico
U. Castilla-La Mancha (UCLM)	Economía y Empresa	Fundamentos del Análisis Económico
U. Complutense de Madrid (UCM) I	Fundamentos del Análisis Económico I (Anal. Económico)	—
U. Complutense de Madrid (UCM) II	Fundamentos del Análisis Económico II (Econ. Cuantitativa)	—
U. La Coruña (ULC)	Análisis Económico	—
U. La Laguna (ULL)	Economía y Dirección de Empresas	Fundamentos del Análisis Económico
U. Murcia (UMU)	Fundamentos del Análisis Económico	—
U. Oviedo (UOV)	Economía	Fundamentos del Análisis Económico
U. País Vasco (UPV)	Fundamentos del Análisis Económico	—
U. Pompeu Fabra (UPF)	Economía	Fundamentos del Análisis Económico
U. Pública de Navarra (UPNA)	Economía	Fundamentos del Análisis Económico
U. Salamanca (USA)	Economía e Historia Económica	Fundamentos del Análisis Económico
U. Santiago de Compostela (USC)	Fundamentos del Análisis Económico	—
U. Sevilla (USE)	Teoría Económica y Política Económica	Teoría Económica
U. Valencia (UVEG)	Análisis Económico	—
U. Valladolid (UVA)	Fundamentos del Análisis Económico	—
U. Vigo (UVI)	Fundamentos del Análisis Económico e Historia	Fundamentos del Análisis Económico
U. Zaragoza (UZA)	Análisis Económico	—

sadas a su vez en un escalón superior por los órganos colegiados o unipersonales de gobierno de la Universidad. Los departamentos universitarios adoptan decisiones que afectan a la organización y programación de las actividades docentes relacionadas con las diferentes titulaciones, la coordinación de la investigación y la firma de convenios con entidades públicas y privadas para la realización de trabajos de carácter científico y técnico, la contratación de nuevo profesorado y la promoción interna del mismo, la gestión administrativa y económica de toda la actividad departamental; es decir, la elaboración, aplicación y control del presupuesto, los nombramientos de los cargos directivos del departamento y de los representantes en las comisiones, juntas de gobierno y claustro de la Universidad.

Al evaluar el rendimiento productivo en la actividad de investigación de los departamentos universitarios existen ventajas metodológicas si se selecciona un área de conocimiento básica más que aplicada. En general, la producción científica de naturaleza básica tiene una proyección más internacional y su conocimiento se presta más a ser objeto de estandarización que la producción científica aplicada, que con relativa frecuencia tiene un alcance e interés mucho más regional y su difusión se realiza a través de publicaciones de impacto regional o incluso local. Por tanto, en un área de conocimiento básica aparecen ventajas de tipo metodológico en la selección de los indicadores de producción científica que van a caracterizar la función de producción. Asimismo, existen ventajas al seleccionar un área de Ciencias Puras (por ejemplo, Bioquímica, Física, Química, etc.) respecto a una de Ciencias Sociales o Humanidades. Esto se debe a que en las áreas de conocimiento de Ciencias Puras prácticamente la totalidad de la producción científica española se publica en revistas académicas de carácter internacional, recogidas en su mayor parte en la base de datos del *Science Citation Index* (SCI), lo que permite calcular los factores de impacto asociados a las revistas en las que se publica; mientras que en Ciencias Sociales y Humanidades la producción científica española en publicaciones internacionales representa en media un porcentaje bastante más reducido, lo que imposibilita disponer de un factor de impacto para la mayor parte de la producción científica. Además, en Ciencias Sociales y en Huma-

nidades, la publicación de los resultados de la investigación a través de libros y capítulos en libros resulta más frecuente que en Ciencias Puras. Esto significa que al definir la tecnología de producción se debe incorporar un mayor número de variables *outputs*, lo que reduce el número de grados de libertad en presencia de una muestra de tamaño reducido. En esta investigación se evaluará el rendimiento productivo de los departamentos de Fundamentos del Análisis Económico, esto es, un área de conocimiento básica y de Ciencias Sociales. La preferencia por elegir un área de Ciencias Sociales obedece exclusivamente al interés del objeto de estudio, pero no a las ventajas de tipo metodológico, que son superiores en un área de Ciencias Puras. Por tanto, se ofrece evidencia empírica para la medición del rendimiento productivo de cualquier muestra de departamentos universitarios homogéneos, incluso si éstos pertenecen a un área de conocimiento como las Ciencias Sociales, que puede conllevar una mayor complejidad de evaluación.

### **3.2. Las variables de la función de producción**

La identificación de las variables que representan apropiadamente la actividad productiva de las organizaciones resulta fundamental para aproximarnos a la eficiencia real de las entidades evaluadas. Los argumentos de tipo teórico que suministra la Economía de la Educación, junto a la revisión de la literatura sobre trabajos empíricos previos, que han estimado una función de producción en las instituciones de educación superior, son los que fundamentan las variables seleccionadas en este estudio.

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 las respectivas universidades. El proceso de recolección y tratamiento de los datos ha exigido un metódico y exhaustivo trabajo de campo. A continuación, enumeramos las variables utilizadas para caracterizar la tecnología de producción 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 <sup>45</sup>. Esto imposibilita disponer de un factor de impacto asociado a las revistas académicas españolas. Estas variables *outputs* corresponden a 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 OCDE (1994) 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 medición de ETC es una medida más aproximada de los auténticos recursos reales empleados en la actividad de investigación <sup>46</sup>. 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

---

<sup>45</sup> 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.

<sup>46</sup> Una aproximación aún más exacta consiste en expresar la medida de ETC en términos de personas-año empleadas (Johnes y Johnes, 1993 y 1995).

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 <sup>47</sup>. 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, como ya hemos comentado con anterioridad, las unidades productivas analizadas son intensivas en factor trabajo. En definitiva, las variables del cuadro 3.2, que han sido utilizadas para caracterizar la función de producción, reflejan en esencia la actividad productiva de investigación de los departamentos académicos.

**CUADRO 3.2: Variables de la función de producción**

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
NUM ( $X_1$ )	RECAINT ( $Y_1$ )
NONUM ( $X_2$ )	RECANA ( $Y_2$ )
	LIBROS ( $Y_3$ )
	TESIS ( $Y_4$ )

**CUADRO 3.3: Estadísticos descriptivos**

Variable	Media	Desviación estándar	Coef. variación	Mínimo	Máximo
NUM	15,83	10,21	0,64	1,00	39,00
NONUM	15,96	9,99	0,63	4,50	38,50
RECAINT	12,00	16,10	1,34	0,00	56,00
RECANA	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

<sup>47</sup> 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 artículo 4.2.



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 con relación al 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 conseguir, por tanto, un índice de eficiencia unitario <sup>48</sup>. Además, este incremento en los niveles de eficiencia se alcanza con independencia de la significatividad estadística de las variables incluidas (Banker *et al.*, 1988). En efecto, debido a la naturaleza determinista de la técnica, no se dispone de ningún test estadístico para evaluar la significatividad individual de las variables seleccionadas. Como señalan Boussofiane, Dyson y Thanassoulis (1991), el problema obedece a que el modelo envolvente de datos permite una enorme flexibilidad para seleccionar las ponderaciones, al determinar la eficiencia de cada unidad productiva. La búsqueda de la máxima eficiencia puede conducir a una unidad productiva a asignar todas las ponderaciones a un sólo *input* o a un único *output*, aquellos para los que presenta un mejor rendimiento productivo. 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 discriminadora <sup>49</sup>. Como señala Nunamaker (1985), el número de unidades eficientes y los indicadores de eficiencia son muy sensibles a las dimensiones libres del problema, es decir, a la diferencia entre el número de unidades productivas,  $n$ , y la suma de *inputs* y *outputs* ( $i + o$ ). A medida que se incorporan más variables en el análisis, debido a la flexibilidad del modelo DEA, aumenta la oportunidad de que cada unidad sea considerada efi-

---

<sup>48</sup> 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 misma y por tanto pase a considerarse eficiente.

<sup>49</sup> Por este motivo, los capítulos en libros se han asimilado a los artículos en revistas (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.

ciente. El requisito matemático consiste en que  $n > (i + o)$ , sin embargo, en la literatura se recomienda que el número máximo de variables que se debe introducir en un modelo DEA sea de  $1/3 n$ ; esto es, debe cumplirse que  $n \geq 3(i + o)$  (Banker, Charnes y Cooper, 1984). Por tanto, cuanto más pequeña sea la muestra, menor es el número de variables que se pueden introducir en el modelo si se quiere garantizar su poder de discriminación.

### 3.3. Caracterización del modelo de frontera no paramétrico

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. En este epígrafe caracterizamos la naturaleza del modelo envolvente de datos que se va a utilizar, para lo cual especificaremos la orientación del modelo y el tipo de rendimientos a escala que exhibe la tecnología de producción.

#### 3.3.1. La orientación del modelo

Si consideramos  $i = (1, \dots, I)$  productores que transforman una serie de factores productivos representados por  $x_i = (x_{1i}, \dots, x_{Ni})_{(N \times 1)} \in \mathbb{R}^N$  en los siguientes productos  $y_i = (y_{1i}, \dots, y_{Mi})_{(M \times 1)} \in \mathbb{R}_+^M$ , entonces este conjunto puede definirse por

$$T(x, y) = \{(x, y): x \text{ puede producir } y\}$$

donde  $T(x, y)$  se asume cerrado, convexo y que verifica fuerte disponibilidad de factores y productos <sup>50</sup>.

Considerando este conjunto de posibilidades de producción, es posible definir una función de distancia en términos de *inputs*

---

<sup>50</sup> Esta estructura de producción puede ser expresada equivalentemente a través de los conjuntos de posibilidades de producción de productos y factores,  $P(x)$  y  $L(y)$ , pudiéndose verificar que  $(x, y) \in T \Leftrightarrow y \in P(x) \Leftrightarrow x \in L(y)$  (Färe, 1988). Dada esta relación,  $T$  satisface fuerte disponibilidad de productos y factores si dado un  $(x, y) \in T$ ,  $\forall x' \geq x \Rightarrow (x', y) \in T$  y  $\forall y' \leq y \Rightarrow (x, y') \in T$  o, alternativamente, si  $x \in L(y)$ ,  $x' \in L(y)$ ,  $\forall x' \geq x$  e  $y \in P(x)$ ,  $y' \in P(x)$   $\forall 0 \leq y' \leq y$ .

que viene dada por la expresión  $D_1^R(x_i, y_i) = \max \{ \lambda \geq 1: (x_i / \lambda, y_i) \in T(x, y) \}$ , y que muestra la máxima contracción radial de factores productivos que puede alcanzarse cuando se produce un determinado nivel de *output*. Análogamente, puede definirse una función de distancia en términos de *outputs*,  $D_0^R(x_i, y_i) = \min \{ \varphi \leq 1: (x_i, y_i / \varphi) \in T(x, y) \}$ , que muestra la máxima expansión radial de productos que puede obtenerse a partir de una determinada dotación de factores productivos. Por último, existen unas medidas de eficiencia *graph*, que se fundamentan en el concepto de función de distancia hiperbólica propuesto por Färe, Grosskopf y Lovell (1985 y 1994) y que se definen por la siguiente expresión:

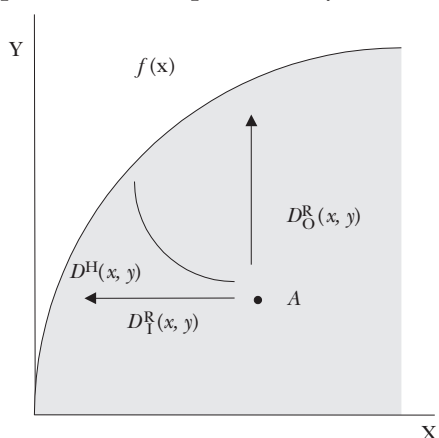
$$\begin{aligned} D^H(x_i, y_i) &= \min \{ \theta \leq 1: (x_i \theta, y_i / \theta) \in T(x, y) \} = \\ &= \max \{ \theta \geq 1: (x_i / \theta, y_i / \theta) \in T(x, y) \} \end{aligned}$$

Esta función de distancia mide el incremento de productos y la reducción de factores, equiproporcionales y simultáneos, que siendo consistentes con las posibilidades que ofrece la tecnología de producción permiten alcanzar un rendimiento productivo óptimo.

La diferencia fundamental entre estas funciones, que pueden ser consideradas como medidas del rendimiento productivo, se manifiesta en la dimensión del proceso de producción sobre el que se centran, con objeto de calcular la distancia entre una determinada observación y la frontera de producción; por ejemplo, la observación *A* respecto a  $f(x)$  en el gráfico 3.1. Las medidas de eficiencia radiales en términos de *inputs*, tal como recogen sus superíndices, cuantifican la reducción proporcional de factores productivos necesaria para alcanzar la frontera de producción. Si para una determinada observación se verifica que  $D_1^R(x_i, y_i) > 1$ , tal reducción es factible y la función de distancia provee una medida escalar de eficiencia. Por otra parte, las medidas de eficiencia radiales, en términos de *outputs*, calculan el incremento proporcional de productos necesario para alcanzar la frontera de producción. Siempre que  $D_0^R(x_i, y_i) < 1$  es posible incrementar el volumen de producción a partir de una determinada dotación de factores. Frente a estas dimensiones, la medida hiperbólica cuantifica el incremento de productos y la

reducción de factores, equiproporcionales y simultáneos, que resultan necesarios para alcanzar el estándar de referencia; definiendo así una senda hiperbólica sobre el conjunto de posibilidades de producción, hasta alcanzar el óptimo. Cuando la tecnología de producción exhibe rendimientos variables a escala, como en el ejemplo del gráfico 3.1, cada una de las medidas de eficiencia descritas podrían ofrecer resultados diferentes, mientras que si la tecnología de producción presenta rendimientos constantes a escala entonces los índices de eficiencia que se obtienen con una orientación *output* son la inversa de los que se obtienen bajo una orientación *input*.

GRÁFICO 3.1: Conjunto de posibilidades de producción y funciones de distancia



Asociada a una determinada orientación parcial, *output* o *input*, hay una presunción respecto a la endogeneidad o exogeneidad de productos o factores en los procesos productivos. En el caso de las medidas de productos (factores), los factores (productos) se considerarían exógenos, teniendo los productores discrecionalidad respecto a la combinación y cuantía de productos (factores) que generan (emplean). Cualquiera de estas orientaciones parciales puede venir justificada en casos en que, o bien los factores utilizados (por ejemplo en caso de existir un fuerte poder de negociación por parte de los sindicatos), o bien los productos obtenidos (industrias con producción regulada), sean ajenos al productor y la única forma de incrementar su eficiencia y

productividad sea actuando en la dimensión sobre la que tiene control. Sin embargo, si las unidades productivas tienen libertad para ajustar tanto su producción como el volumen de factores que utilizan, la decisión de adoptar una única orientación, ya sea de productos o factores, no sería adecuada y daría como resultado unos valores de eficiencia pasivos, en relación con la dimensión del proceso de producción alternativa sobre la que el productor sí dispone de control. En este caso, lo más apropiado sería utilizar una medida como la hiperbólica, que tiene en cuenta ambas dimensiones del proceso productivo.

En el contexto específico de los departamentos universitarios existen restricciones de tipo institucional, que pueden impedir mejorar los niveles de eficiencia en el corto plazo. Por ejemplo, la naturaleza vitalicia de parte del profesorado de la Universidad imposibilita realizar recortes de la plantilla, no sólo en el corto plazo, sino también en el largo. Por consiguiente, la orientación correcta que debe seleccionarse para medir la eficiencia es la *output*<sup>51</sup>. 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 de *outputs*. 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.

### **3.3.2. La relación entre la eficiencia técnica y la escala de operaciones: caracterización de los rendimientos de escala**

En esta sección se contrasta la naturaleza de los rendimientos de escala que exhibe la tecnología de producción, a través de cuatro procedimientos fundamentales. En primer lugar, se regresionan los índices de eficiencia sobre el tamaño del departamento, en segundo lugar aplicamos una batería de contrastes no paramétricos sobre los índices de eficiencia, en tercer lugar cal-

---

<sup>51</sup> 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.

culamos el coeficiente de correlación entre los índices de eficiencia que se obtienen cuando el modelo se define con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables a escala, y, finalmente, estimaremos la eficiencia de escala.

En primer lugar, examinamos la relación existente entre los índices de eficiencia, calculados bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, y el tamaño de los departamentos, utilizando como variable *proxy* el número de profesores<sup>52</sup>. En la ecuación de regresión que aparece en el cuadro 3.4 se evidencia que la escala de operaciones del departamento no es estadísticamente significativa para explicar los índices de eficiencia. Este resultado implica que la tecnología de producción ofrece rendimientos constantes a escala. Cuando se calcula esta ecuación de regresión utilizando el cuadrado del número total de profesores, o bien su inverso, la variable independiente en ningún caso resulta individualmente significativa para explicar los índices de eficiencia.

**CUADRO 3.4: Regresión de los índices de eficiencia CRS sobre el tamaño de los departamentos**

Variable	Coficiente	t-Student
Constante	71,13	5,73
Número total Personal	0,14	0,41

$R^2 = 0,00795$

$F = 0,16826$

$DW = 2,38903$

En segundo lugar, se aplica una batería de contrastes no paramétricos para analizar la divergencia de las distribuciones de los índices de eficiencia, que se obtienen cuando el modelo se define con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables a escala. Este tipo de contrastes no exigen ningún supuesto sobre la distribución de probabilidades de la muestra, por lo que son más adecuados que los contrastes paramétricos cuando la distribu-

<sup>52</sup> El INE (1991) aproxima la escala de operaciones de la unidad productiva por el número de empleados de que dispone.

ción de la población no es conocida (Siegel y Castellan, 1988) <sup>53</sup>. En particular, aplicaremos las pruebas no paramétricas para muestras independientes de Mann-Whitney y de Kolmogorov-Smirnov.

El test de Mann-Whitney es un contraste no paramétrico basado en los rangos de las muestras individuales y conjuntas (Siegel y Castellan, 1988). Este test contrasta la hipótesis nula de que los dos grupos o muestras independientes de los índices de eficiencia, obtenidos bajo rendimientos constantes a escala y bajo rendimientos variables a escala, proceden de la misma población. Bajo la hipótesis de que ambas submuestras han sido generadas por la misma densidad,  $z$  se distribuye asintóticamente como una normal estándar. Los estadísticos de Mann-Whitney que aparecen en el cuadro 3.5 ofrecen, con un 95% de confianza, evidencia de que no encontramos razón estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula. Dado que la divergencia entre estas dos distribuciones de índices de eficiencia no es estadísticamente significativa, las ineficiencias en la escala no son significativamente importantes.

**CUADRO 3.5: Contraste de Mann-Whitney**

Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Prob {Z > z}
200,0	476,0	-1,55	0,12

La prueba de Kolmogorov-Smirnov se utiliza para contrastar la hipótesis nula de que la distribución de los índices de eficiencia es la misma, independientemente de que la tecnología de producción exhiba rendimientos constantes o variables a escala. Si las dos muestras proceden de la misma población, entonces cabe esperar que la función de distribución de ambas muestras sean muy similares. La hipótesis nula del contraste de Kolmogorov-Smirnov viene dada por:

$$H_0 : F_1 = F_2$$

<sup>53</sup> En Banker (1993 y 1996) se utilizan tres test, para contrastar las diferencias en la distribución de los índices de eficiencia. En estos test se asume en un caso que la distribución de los índices de eficiencia es exponencial, en otro caso que es seminormal y por último se utiliza el contraste no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov.

siendo  $F_1$  y  $F_2$  las funciones de distribución de los índices de eficiencia, calculados bajo rendimientos constantes y variables a escala, respectivamente. Si la distribución de la variable fuera la misma, independientemente de los rendimientos a escala, al calcular para cada uno de ellos la proporción de casos observados inferiores o iguales a un valor determinado, las funciones obtenidas al distinguir ambos tipos de rendimientos a escala serían aproximadamente iguales. El estadístico de contraste en la prueba de Kolmogorov-Smirnov se construye a partir de la máxima diferencia, en valor absoluto, entre las dos funciones. Los estadísticos de contraste que aparecen en el cuadro 3.6 permiten concluir, con un 95% de confianza, que no se encuentra evidencia para rechazar la hipótesis nula.

**CUADRO 3.6: Contraste de Kolmogorov-Smirnov**

Diferencia absoluta	Diferencia positiva	Diferencia negativa	Estadístico K-S Z	Prob {Z > z}
0,35	0,35	0,00	1,18	0,12

El tercer procedimiento que utilizamos para descifrar la naturaleza de los rendimientos a escala consiste simplemente en calcular el coeficiente de correlación entre los índices de eficiencia de los departamentos, cuando la tecnología de producción exhibe rendimientos constantes a escala y cuando presenta rendimientos variables a escala. La aplicación de las dos versiones del modelo CCR generó ordenaciones muy similares, como demuestra un coeficiente de correlación del 79,39%.

**CUADRO 3.7: Coeficientes de correlación entre el modelo CRS y VRS**

	CRS	VRS
CRS	1,00	0,79
VRS	0,79	1,00



La última fórmula, que utilizamos para investigar en qué medida las ineficiencias detectadas se deben a diferencias en la escala de operaciones en la que operan los departamentos, consiste en calcular su eficiencia de escala. La eficiencia de escala se mide por el cociente entre el nivel de eficiencia con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables a escala. Como se observa en el cuadro 3.8, la mayor parte de los departamentos exhiben un índice de eficiencia de 100 o muy próximo a 100. En estos casos, los departamentos operan con una escala eficiente, por lo que su ineficiencia en caso de producirse sería estrictamente técnica. En el resto de unidades productivas, con un índice muy inferior a 100, puede presentarse algún problema de ineficiencia de escala.

**CUADRO 3.8: Eficiencia de escala**

Departamentos de Economía	Eficiencia de escala	Departamentos de Economía	Eficiencia de escala
UAH	100,00	UOV	90,96
UAL	100,00	UPV	100,00
UAB	100,00	UPF	100,00
UAM I	92,40	UPNA	34,82
UAM II	100,00	USA	56,57
UCAR	99,19	USC	100,00
UCLM	100,00	USE	75,56
UCM I	88,70	UVEG	54,89
UCM II	92,29	UVA	78,41
ULC	93,45	UVI	89,80
ULL	100,00	UZA	77,79
UMU	100,00	Media	88,04

En conclusión, los cuatro procedimientos desarrollados nos permiten señalar que la tecnología de producción se caracteriza por presentar rendimientos constantes a escala. Esta consecuencia puede resultar coherente, en la medida en que la eficiencia puede estar más condicionada por otro tipo de factores distintos a la escala de operaciones. Así, por ejemplo, el grado de forma-

ción de los investigadores y la diversificación o especialización de las líneas de investigación de los profesores de un departamento tienen importantes implicaciones sobre el rendimiento y la calidad de la investigación. Una mayor especialización del profesorado, en una línea de investigación concreta, conduce a un mejor conocimiento de las posibilidades de innovación y, por lo general, a una mayor calidad de las investigaciones. Además, las economías de alcance entre líneas de investigación complementarias tienen resultados muy positivos sobre el rendimiento y la calidad de los productos de la investigación. Por esto, el número de investigadores de un mismo departamento especializados en la misma área de investigación, o en áreas complementarias, es un factor generador de sinergias que redundan en un mayor rendimiento y calidad en la investigación <sup>54</sup>. Otros tipo de factores destacados para explicar el rendimiento productivo en la actividad de investigación han sido la motivación de los investigadores implicados (Hare y Wyatt, 1988), o la labor fundamental que desarrolla el líder del equipo de investigación (Knorr *et al.*, 1979a).

### **3.4. La introducción de criterios de calidad en la evaluación de la eficiencia técnica**

#### **3.4.1. La introducción de restricciones en las ponderaciones**

La introducción de restricciones en las ponderaciones 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. Esto puede garantizarse en la medida en que las ponderaciones asociadas a las variables *inputs* y *outputs* no sean nulas. En segundo lugar, los modelos DEA ofrecen la posibilidad de integrar

---

<sup>54</sup> La acción colectiva, que supone la confluencia en la empresa de diferentes propietarios de recursos, está justificada mientras se alcanza una mayor productividad que la que se conseguiría si cada propietario se dedicara a explotar sus propios recursos. Alchian y Demsetz (1972) denominan *producción en equipo* a las condiciones tecnológicas que mejoran la productividad de la acción colectiva frente a la suma de las individuales.

evaluaciones de naturaleza cuantitativa y cualitativa del rendimiento productivo. Esto exige incorporar en el modelo restricciones en las ponderaciones, que permitan valorar la importancia relativa de los diferentes factores que definen la función de producción. Una utilidad añadida de las restricciones en las ponderaciones es la de detectar entidades que pueden considerarse como atípicas en sus procesos productivos. La introducción de restricciones de carácter técnico-productivo, que reflejen la importancia relativa de cada factor, contribuye a mejorar el poder discriminatorio del Análisis Envolvente de Datos, diferenciando las unidades que son eficientes de aquellas otras que son evaluadas como eficientes, a partir de un conjunto de ponderaciones que no son consistentes con la importancia relativa de cada factor. En Pedraja, Salinas y Smith (1994) se demuestra, realizando una simulación de Monte Carlo a partir de una función de producción Cobb-Douglas, que las estimaciones proporcionadas por el modelo DEA con ponderaciones restringidas se encuentran mucho más próximas a las eficiencias reales.

Por todos estos motivos resulta de interés formular un modelo que incorpore restricciones técnico-productivas en las ponderaciones<sup>55</sup>. Nuestra función de producción posee cuatro *outputs* diferentes: número de artículos y capítulos en libros internacionales (RECAINT), número de artículos y capítulos en libros nacionales (RECANA), número de libros (LIBROS) y número de tesis doctorales (TESIS). La introducción de restricciones de carácter técnico-productivo van a reflejar la importancia relativa de cada *output* de 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, atribuimos un factor de calidad a aquellas investigaciones que tienen un impacto o repercusión internacional. Vidal (1995), Lawani (1986), Bordons *et al.* (1996) y Sanz *et al.* (1997)<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Otras investigaciones que han introducido restricciones en las ponderaciones para evaluar el rendimiento de las universidades son Johnes y Johnes (1995), Beasley (1990 y 1995), Doyle *et al.* (1996) y Athanassopoulos y Shale (1997).

<sup>56</sup> Sanz *et al.* (1997) realizan un análisis bibliométrico de los trabajos publicados por los economistas españoles en el periodo 1990-1994. En este análisis se obtiene que

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. La capacidad para trabajar en grupo amplía los flujos de información entre los investigadores e incide positivamente en la calidad de los trabajos que se llevan a cabo. 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. Existe un consenso general al considerar que los resultados de la investigación son publicados primero en revistas, y, sólo después, se publican en forma de libros (Johnes y Johnes, 1995). Como argumentan Sarafoglou y Haynes (1996), los libros y artículos en revistas son bienes complementarios, en el sentido de que los libros son frecuentemente extensiones, en un ámbito más divulgativo, de contribuciones científicas que ya han sido publicadas como artículos en revistas científicas. 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. Por consiguiente, la expresión matemática de las restricciones en las ponderaciones que añadimos al modelo son las siguientes:

$$w_{\lambda_1} \geq w_{\lambda_2}$$

$$w_{\lambda_1} \geq w_{\lambda_4}$$

$$w_{\lambda_2} \geq w_{\lambda_3}$$

$$w_{\lambda_4} \leq 2w_{\lambda_2}$$

$$w_{\lambda_4} \geq w_{\lambda_3}$$

donde  $w$  representa la ponderación que el modelo asigna a cada variable *output* representada por el subíndice. Así,  $w_{\lambda_1}$ ,  $w_{\lambda_2}$ ,  $w_{\lambda_3}$  y

---

el 54,3% de las publicaciones internacionales están firmadas por dos o más autores, siendo sólo el 20,5% cuando las publicaciones son nacionales.

$w_{Y4}$  representan, respectivamente, las ponderaciones asignadas a los *outputs* RECAINT, RECANA, LIBROS y TESIS.

Como afirma Beasley (1990), la introducción de restricciones en las ponderaciones 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. Respecto a los *inputs*, no se van a introducir restricciones en las ponderaciones, porque no se dispone de información sobre los costes de los *inputs* empleados o sobre el rendimiento productivo, en términos comparativos, de cada *input*. Además, mantener la flexibilidad en las ponderaciones de los *inputs* nos permitirá calcular su relación técnica de sustitución.

### 3.5. Análisis de los resultados

La medición de la eficiencia se realiza suponiendo que los puntos del conjunto de posibilidades de producción satisfacen las hipótesis originales establecidas por Farrell (1957), esto es, libre disponibilidad de *inputs* y *outputs*, convexidad y rendimientos de escala constantes. Con la introducción de restricciones en las ponderaciones de carácter técnico-productivo, el problema de programación lineal que se debe resolver es el siguiente:

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

s. a.

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

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

$$w_{Y1} \geq w_{Y2}$$

$$w_{Y1} \geq w_{Y4}$$

$$w_{Y2} \geq w_{Y3}$$

$$w_{Y4} \leq 2w_{Y2}$$

$$w_{Y4} \geq w_{Y3}$$

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

Las tasas de eficiencia, que se obtienen al resolver el problema anterior para cada departamento, son las que aparecen en el cuadro 3.9. En ausencia de restricciones en las ponderaciones, el índice de eficiencia se interpreta como una medida radial, que permite obtener la contracción de *inputs* o la expansión de *outputs* 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 se mantiene necesariamente en presencia de restricciones en las ponderaciones. 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.

CUADRO 3.9: Índices de eficiencia

Departamentos de Economía	Índice de eficiencia	Departamentos de Economía	Índice de eficiencia
UAH	100,00	UOV	12,78
UAL	100,00	UPV	100,00
UAB	100,00	UPF	100,00
UAM I	21,82	UPNA	34,82
UAM II	81,71	USA	56,57
UCAR	90,99	USC	81,23
UCLM	55,38	USE	24,62
UCM I	62,91	UVEG	47,27
UCM II	74,55	UVA	64,62
ULC	23,40	UVI	26,04
ULL	63,67	UZA	68,42
UMU	80,95	Eficiencia media	63,99

Como cabía esperar, la inclusión de las restricciones en las ponderaciones se traduce en una caída del número de centros

eficientes, y de la eficiencia media de todo el sector. De esta manera, el número de departamentos eficientes es de cinco, lo que representa el 21,74% de la muestra, mientras que la eficiencia media es del 63,99%, y si sólo se consideran los departamentos ineficientes se reduce a un 53,99%. Los departamentos que se revelan como eficientes son los de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH), Universidad de Alicante (UAL), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Universidad del País Vasco (UPV) y Universidad Pompeu Fabra (UPF). No se ha identificado ningún departamento que, siendo ineficiente en el modelo con flexibilidad en las ponderaciones, sea eficiente en el modelo con ponderaciones restringidas.

Los cuadros 3.10 y 3.11 muestran los estadísticos descriptivos de los *inputs* y de los *outputs* para cada uno de los grupos de de-

**CUADRO 3.10: Estadísticos descriptivos de los departamentos de Economía eficientes**

Variable	Media	Desviación estándar	Coef. variación	Mínimo	Máximo
NUM	24,80	10,62	0,43	12,00	39,00
NONUM	19,40	8,82	0,45	12,00	34,00
RECAINT	33,20	17,66	0,53	11,00	56,00
RECANA	24,60	16,44	0,67	5,00	44,00
LIBROS	4,00	2,55	0,64	1,00	8,00
TESIS	6,00	3,54	0,59	2,00	10,00

**CUADRO 3.11: Estadísticos descriptivos de los departamentos de Economía ineficientes**

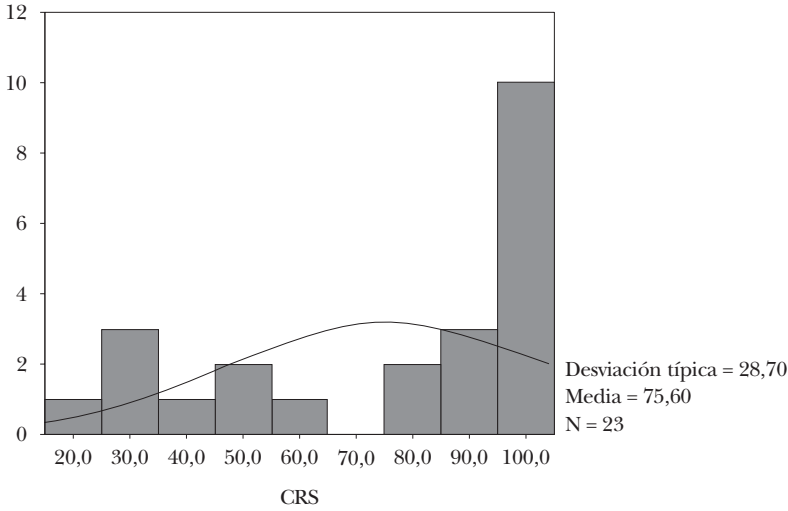
Variable	Media	Desviación estándar	Coef. variación	Mínimo	Máximo
NUM	13,33	8,84	0,66	1,00	35,50
NONUM	15,00	10,32	0,69	4,50	38,50
RECAINT	6,11	9,66	1,58	0,00	37,00
RECANA	13,89	13,67	0,98	1,00	49,00
LIBROS	4,17	3,76	0,90	0,00	13,00
TESIS	2,33	2,06	0,88	0,00	6,00

partamentos eficientes e ineficientes. Pueden observarse diferencias entre los dos grupos de departamentos cuando se comparan los valores medios de cada variable. Así, los departamentos eficientes publican más artículos en revistas internacionales, 33,20 frente a un 6,11 de los departamentos ineficientes. Además, en los departamentos eficientes se producen bastantes más tesis doctorales que en los departamentos ineficientes: 6,00 frente a 2,33. Sin embargo, la producción media de libros es prácticamente la misma en ambos grupos, 4,17 los departamentos ineficientes, frente a 4,00 los eficientes. Y en cuanto a los artículos en revistas nacionales, los departamentos eficientes tienen una media de 24,60 frente a los departamentos ineficientes, que tienen una media de 13,89. Asimismo, los departamentos eficientes también presentan en media un mayor número de profesores, tanto numerarios como no numerarios. Así, los departamentos eficientes tienen un número medio de profesores numerarios de 24,80, frente a los 13,33 de los departamentos ineficientes. Y estas diferencias son de menor relevancia en el número medio de profesores no numerarios: 19,40 los departamentos eficientes, frente a 15,00 los ineficientes.

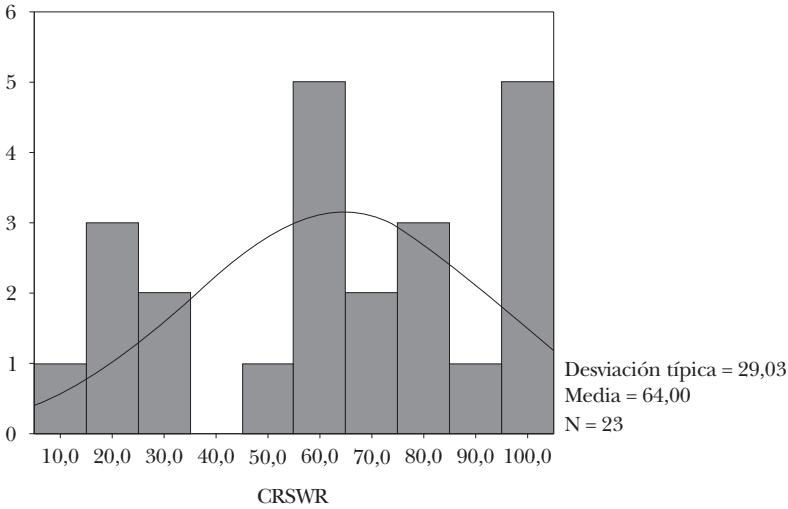
En los gráficos 3.2 y 3.3 se muestra el histograma de los índices de eficiencia del modelo con flexibilidad en las ponderaciones y del modelo con ponderaciones restringidas, respectivamente, con la curva de la distribución normal estándar superpuesta. La variable CRS representa los índices de eficiencia que se obtienen en el modelo con flexibilidad en las ponderaciones, mientras que la variable CRSWR representa los índices de eficiencia que se obtienen con ponderaciones restringidas. La comparación de los resultados de los dos modelos revela la trascendencia que tiene la inclusión de criterios de calidad en la evaluación de la eficiencia. En los gráficos puede observarse que tanto la estimación de la eficiencia media como el porcentaje de unidades evaluadas como eficientes disminuyen sustancialmente al introducir restricciones de carácter técnico-productivo en el análisis. Así, en el modelo con flexibilidad en las ponderaciones, nueve departamentos se revelan como eficientes, y la eficiencia media del sector es del 75,57%, mientras que con ponderaciones restringidas solamente cinco departamentos se revelan eficientes, y la eficiencia media



**GRÁFICO 3.2: Histograma de los índices de eficiencia en el modelo con flexibilidad en las ponderaciones**



**GRÁFICO 3.3: Histograma de los índices de eficiencia en el modelo con restricciones en las ponderaciones**



del sector disminuye al 63,99%. Un estudio descriptivo de la normalidad de ambas distribuciones de eficiencia revela cómo éstas se desvían de la distribución normal, y, especialmente, la distribución de eficiencia calculada en el modelo con flexibilidad en las

ponderaciones <sup>57</sup>. El coeficiente de curtosis de la variable CRS vale  $-1,210$ , y el coeficiente de asimetría  $-0,711$ . Y para la variable CRSWR, el coeficiente de curtosis vale  $-1,164$ , y el coeficiente de asimetría  $-0,310$ . Los valores negativos de los coeficientes de curtosis nos indican que ambas distribuciones tienden a dispersarse, en torno a la media, más que una distribución normal. Y los valores negativos de los coeficientes de asimetría indican que las desviaciones a la media son mayores para los valores inferiores a la media que para los valores superiores <sup>58</sup>.

### **3.5.1. Identificación y caracterización de los departamentos eficientes**

Una de las principales deficiencias del Análisis Envoltente de Datos es su incapacidad para discriminar entre las unidades productivas que se revelan eficientes. Por esto, resulta de enorme interés tratar de establecer alguna discriminación entre este tipo de unidades productivas, y contrastar si su eficiencia es debida a un comportamiento atípico. Los métodos que se utilizan para caracterizar los departamentos eficientes son el análisis de la frecuencia de aparición de cada centro eficiente en el grupo de referencia de los centros ineficientes (Smith y Mayston, 1987), el cálculo de la matriz de eficiencias cruzadas (Sexton, Silkman y Hogan, 1986) y la aplicación del modelo de supereficiencia de Andersen y Petersen (1993).

El análisis de la frecuencia de aparición de un centro eficiente en el grupo de referencia de un centro ineficiente fue propuesto por Smith y Mayston (1987). Si esta frecuencia es alta denota que la entidad ha demostrado su superioridad frente a las demás, mientras que si es baja puede indicar una cierta especialización. Las unidades productivas, que siendo eficientes no suelen aparecer en los grupos de referencia de los centros ineficientes, pue-

---

<sup>57</sup> Para indagar en las propiedades estadísticas sobre la distribución de los índices de eficiencia que se obtienen con el modelo DEA, véase Simar (1996) y Sengupta (1995).

<sup>58</sup> El coeficiente de curtosis es una medida de la concentración de la distribución en torno a la media. El coeficiente de asimetría, como su propio nombre indica, es una medida de la asimetría de la distribución de los valores respecto a la media. Si una variable tiene la forma de una distribución normal, tanto el coeficiente de curtosis como el de asimetría deberían estar próximos a cero.

den exhibir unos procesos productivos muy especializados o extremos y su eficiencia puede resultar sospechosa. En el cuadro 3.12 se puede observar que los departamentos de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH) y en menor medida los de la Universidad de Alicante (UAL) y el de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) son los que mayor número de veces han aparecido en los grupos de referencia de los departamentos ineficientes.

**CUADRO 3.12: Frecuencia absoluta de los departamentos eficientes en el grupo de referencia de los departamentos ineficientes**

Departamentos eficientes	Número de veces en el grupo de referencia
UAH	17
UAL	5
UAB	5
UPV	2
UPF	1

Otro método para establecer discriminaciones entre las unidades eficientes es la matriz de eficiencias cruzadas. Este método, debido a Sexton, Silkman y Hogan (1986), consiste en construir una matriz cuyos componentes son los índices de eficiencia de cada centro, calculados a partir de las ponderaciones óptimas de los demás.

Boussofiane, Dyson y Thanassoulis (1991) proponen utilizar las medidas de eficiencia cruzada para cualificar a los centros eficientes. De esta forma, si la eficiencia cruzada de las unidades productivas eficientes es baja será indicativo de que el cálculo de su eficiencia se habrá basado en un conjunto de ponderaciones atípicas, distinta de las empleadas por el resto de los departamentos; mientras que si está próxima a uno pondrá de manifiesto que la eficiencia de la entidad en cuestión se mantiene con la estructura de ponderaciones aplicadas por el resto de entidades, y, por tanto, que sus prácticas son similares a las de las demás y que la unidad productiva es genuinamente eficiente. Se comprueba que

los departamentos eficientes poseen una eficiencia cruzada bastante alta, en especial el departamento de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH), que presenta un 99,51%, y el de la Universidad del País Vasco con un 88,50%.

El modelo de supereficiencia formulado por Andersen y Petersen (1993) tiene por objetivo discriminar entre los centros identificados eficientes. Este método exige resolver un modelo de programación lineal similar al convencional, pero que evita las situaciones de empate entre las tasas de eficiencia asignadas a los centros eficientes y permite, por tanto, establecer una ordenación de los centros eficientes. Como ya señalamos, este modelo ha sido aplicado por Wilson (1995) para identificar unidades productivas con comportamientos atípicos. El modelo se plantea en términos de maximización del *output*, por lo que las tasas obtenidas por los centros eficientes en el modelo convencional serán iguales o inferiores a la unidad<sup>59</sup>. En el cuadro 3.13 se aprecia que todos los centros eficientes tienen solución factible<sup>60</sup>. De esta forma, los cinco departamentos eficientes en el modelo convencional con restricciones en las ponderaciones obtendrán una tasa de eficiencia diferente, de manera que se puede establecer una ordenación jerárquica entre todos ellos. Los departamentos más eficientes son los de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH), Universidad de Alicante (UAL) y el de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), que son los que obtienen un índice más bajo cuando el modelo se formula orientado a la maximización de los *outputs*.

Por consiguiente, la aplicación de los métodos tradicionales de discriminación, entre las unidades productivas eficientes y de identificación de *outliers*, permite concluir que los resultados obtenidos en el modelo DEA con restricciones en las ponderaciones son bastantes consistentes.

---

<sup>59</sup> En la versión minimizadora de *inputs*, las entidades eficientes en el modelo convencional obtendrán un ratio igual o superior a la unidad, indicando el complementario a 1 de este valor el incremento de *inputs* que se podrían permitir estos centros sin dejar de ser eficientes.

<sup>60</sup> En el cuadro 3.13 se muestran únicamente los resultados de los centros eficientes, porque la valoración de los departamentos ineficientes no varía en el modelo modificado.

CUADRO 3.13: Índices de eficiencia en el modelo de supereficiencia

Departamentos de Economía	Eficiencia modelo supereficiencia
UPF	0,9489
UPV	0,9489
UAB	0,8559
UAL	0,7857
UAH	0,7179

### 3.5.2. Identificación y caracterización de los departamentos ineficientes

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*. En este caso, el índice de eficiencia asignado a esta última entidad será mayor. Por tanto, una unidad productiva sólo será considerada eficiente cuando se ha verificado que no existe otra con mayor nivel de eficiencia, es decir, cuando se ha comprobado que no puede aumentar su producción sin variar los recursos o que no puede producir lo mismo con menos *inputs*. El Análisis Envolvente de Datos proporciona los objetivos de producción y consumo que las unidades productivas ineficientes deben alcanzar para ser consideradas eficientes. En ausencia de restricciones en las ponderaciones, una unidad productiva elige aquellas ponderaciones que enfatizan sus mejores niveles de *inputs* o de *outputs* en relación con otras unidades. El grupo de referencia de las unidades productivas ineficientes está constituido por aquellas unidades productivas que obtienen la eficiencia máxima cuando se les aplican las mismas ponderaciones que a la entidad que se evalúa, es decir, que tienen una estructura de producción similar a ella. Por tanto, cuando no existen restricciones en las ponderaciones, hay una similitud en la composición *input-output* de una entidad ineficiente y las unidades de su grupo de referencia.

Cuando se imponen las restricciones en las ponderaciones, una unidad productiva va a elegir también aquellas ponderacio-

nes que ponen de manifiesto sus mejores niveles de *outputs* o de *inputs*, en relación con otras entidades, pero en esta ocasión sujeto a satisfacer determinadas restricciones en las ponderaciones. Esto puede significar que las ponderaciones óptimas, que satisfacen las restricciones impuestas en las ponderaciones, enfatizan variables *inputs* y *outputs* diferentes de las que la entidad elegiría en ausencia de restricciones. Y estas ponderaciones pueden identificar unidades de referencia que inciden en variables *inputs* y *outputs* diferentes de aquellas que mejor demuestran las potencialidades de la entidad que se evalúa. En este caso, la unidad ineficiente va a ofrecer una composición *input-output* diferente de la de sus unidades de referencia. Por consiguiente, en presencia de restricciones en las ponderaciones, una unidad productiva ineficiente no va a ofrecer necesariamente una composición *input-output* similar a la de sus unidades de referencia. Cuando las unidades del grupo de referencia ofrecen una composición *input-output* muy diferente a la de la entidad cuya eficiencia se mide, la implicación es que esta última está dirigiendo sus esfuerzos hacia *inputs* y *outputs* menos importantes; y 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. Esta última cuestión relativa a la reorientación en el énfasis no aparece 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*. Las variables  $\lambda_j$ , calculadas en el modelo dual, constituyen los parámetros a partir de los que se construye el grupo de referencia de la unidad productiva objeto de evaluación. Dicho grupo de referencia de las entidades ineficientes viene definido por aquel subconjunto de entidades eficientes, que matemáticamente está determinado por aquellas entidades con valores de  $\lambda_j$  no nulos al resolver el problema de programación lineal. Los centros que forman el grupo de referencia son los que determinan conjuntamente la combinación lineal convexa, que sirve de referencia para evaluar a las entidades ineficientes.

El conocimiento de la composición del grupo de referencia de cada uno de los departamentos ineficientes puede resultar muy valioso, a la hora de implementar estrategias encaminadas a

**CUADRO 3.14: Grupo de referencia de los departamentos ineficientes**

Departamentos ineficientes	Grupo de referencia
UOV	UAH (1,083)
UAM I	UAH (0,833)
ULC	UAH (0,803); UAB (0,043)
USE	UAH (1,000)
UVI	UAH (0,542)
UPNA	UAL (0,015); UAB (0,134); UPV (0,073)
UVEG	UAH (2,638); UAL (0,124)
UCLM	UAH (0,083)
USA	UAH (0,191); UAB (0,110)
UCM I	UAH (1,125)
ULL	UAH (0,292)
UVA	UAH (0,667)
UZA	UAH (1,363); UAL (0,150)
UCM II	UAH (0,746); UAB (0,211); UPV (0,158)
UMU	UAH (0,468); UAB (0,069)
USC	UAH (0,208)
UAM II	UAH (0,327); UAL (0,067)
UCAR	UAH (0,083); UAL (0,710)

mejorar la eficiencia. En este sentido, las prácticas productivas de cada entidad ineficiente deben compararse con aquellas que forman parte de su grupo de referencia. Esto es, las entidades del grupo de referencia se convierten en las unidades productivas idóneas para imitar por las entidades ineficientes que deben optimizar sus procesos productivos. Otra información adicional, que puede obtenerse a partir del grupo de referencia, es la importancia relativa que ha tenido cada uno de los componentes del grupo en la determinación del departamento ficticio con el que ha sido comparada la actividad de cada uno de los departamentos ineficientes. Esta información es suministrada por los valores de las ponderaciones  $\lambda_j$  asignadas por el modelo dual a cada uno de los departamentos que forman parte del grupo de referencia. Así, por ejemplo, en el caso del departamento de la Universidad

Pública de Navarra (UPNA), las ponderaciones asignadas indican que el departamento ficticio con el que ha sido comparada su actividad ha sido construido ponderando en un 1,5% el departamento de la Universidad de Alicante (UAL), en un 13,4% el de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y en un 7,3% el de la Universidad del País Vasco (UPV). Por tanto, a la hora de adoptar medidas correctoras encaminadas a alcanzar la eficiencia, el departamento de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) debe prestar especial atención a las prácticas productivas que se desarrollan en los departamentos de las universidades de Alicante, Autónoma de Barcelona y del País Vasco. Un diagnóstico exhaustivo de la eficiencia evaluada en los departamentos requiere investigar la idiosincracia y las circunstancias particulares de cada departamento, que puedan explicar su situación en los años objeto de análisis. En este sentido, sólo con suma prudencia y después de un análisis de las circunstancias particulares que inciden sobre la eficiencia de cada departamento, podrán tener validez aquellas propuestas encaminadas a alcanzar la eficiencia que se han mostrado fructíferas en otros departamentos.

El Análisis Envoltante de Datos también permite conocer la importancia relativa que cada uno de los *inputs* y de los *outputs* ha tenido en la evaluación de la eficiencia de las unidades productivas analizadas. Esta información viene dada por los *outputs* y los *inputs* virtuales de cada unidad, los cuales son el producto del correspondiente valor real del *output* o *input* en cuestión y la ponderación asignada al mismo. Los valores virtuales permiten identificar áreas particulares de buenas prácticas productivas en las entidades objeto de evaluación. Esto se debe a que las ponderaciones asignadas por el modelo a cada uno de los *inputs* y *outputs* se obtienen bajo la exigencia de maximizar la eficiencia de la entidad. Y como ésta se define como el cociente entre la suma de *outputs* virtuales sobre la suma de *inputs* virtuales, las mayores ponderaciones serán asignadas a los *outputs* producidos en mayor cantidad y a los *inputs* menos utilizados. Un valor virtual alto, en un *output* o en un *input*, indica que la entidad en cuestión destaca especialmente por exhibir un rendimiento productivo favorable, en ese *input* o en ese *output*, frente a las demás. Los *inputs* y los *outputs* virtuales nos informan no sólo de los puntos fuertes y dé-



biles en el rendimiento productivo del departamento, sino también del grado de equilibrio en que se basa su eficiencia. Así, como señalan Thanassoulis, Dyson y Foster (1987), valores virtuales muy altos en unas variables y muy bajos en otras sugieren una posible especialización, que puede explicar el alto índice de eficiencia calculado por el modelo. En este caso, la eficiencia alcanzada no es el resultado de un buen rendimiento global, como sería deseable, sino de una actuación atípicamente excelente en alguna variable particular, de forma que al no poder competir con ella ningún otro centro el modelo la convierte automáticamente en eficiente. Los cuadros 3.15 y 3.16 resumen las ponderaciones y los valores de los *inputs* y *outputs* virtuales, respectivamente.

**CUADRO 3.15: Matriz de ponderaciones del modelo con restricciones en las ponderaciones**

Departamento	Eficiencia	U1	U2	U3	U4	V1	V2
UAH	100,00	0,044	0,010	0,009	0,009	0,033	0,050
UAL	100,00	0,015	0,004	0,004	0,008	0,032	0,000
UAB	100,00	0,019	0,004	0,004	0,005	0,015	0,022
UAM I	21,82	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,458
UAM II	81,71	0,097	0,025	0,025	0,049	0,204	0,000
UCAR	90,99	0,025	0,007	0,000	0,000	0,048	0,000
UCLM	55,38	0,333	0,333	0,333	0,333	1,806	0,000
UCM I	62,91	0,022	0,022	0,022	0,022	0,000	0,118
UCM II	74,55	0,038	0,009	0,009	0,018	0,030	0,047
ULC	23,40	0,121	0,064	0,064	0,121	0,000	0,407
ULL	63,67	0,154	0,077	0,000	0,154	0,449	0,000
UMU	80,95	0,053	0,028	0,028	0,053	0,000	0,176
UOV	12,78	0,111	0,111	0,111	0,111	0,602	0,000
UPV	100,00	0,026	0,007	0,004	0,014	0,056	0,000
UPF	100,00	0,032	0,007	0,000	0,000	0,022	0,036
UPNA	34,82	0,291	0,063	0,000	0,000	0,203	0,322
USA	56,57	0,143	0,071	0,000	0,000	0,000	0,393
USC	81,23	0,091	0,091	0,091	0,091	0,492	0,000
USE	24,62	0,063	0,063	0,063	0,063	0,339	0,000
UVEG	47,27	0,028	0,007	0,007	0,014	0,060	0,000
UVA	64,62	0,036	0,036	0,036	0,036	0,193	0,000
UVI	26,04	0,182	0,091	0,091	0,182	0,591	0,000
UZA	68,42	0,033	0,008	0,008	0,017	0,070	0,000

CUADRO 3.16: *Outputs e inputs virtuales e índices de eficiencia*

Departamento	Eficiencia	U1Y1	U2Y2	U3Y3	U4Y4	V1X1	V2X2
UAH	100,00	48,62	42,67	6,97	1,74	39,76	60,24
UAL	100,00	85,52	5,87	1,57	7,04	100,00	0,00
UAB	100,00	85,44	8,29	1,24	5,03	56,65	43,35
UAM I	21,82	10,00	90,00	0,00	0,00	0,00	458,33
UAM II	81,71	57,94	7,42	19,79	14,84	122,39	0,00
UCAR	90,99	91,06	8,94	0,00	0,00	109,91	0,00
UCLM	55,38	0,00	33,33	66,67	0,00	180,56	0,00
UCM I	62,91	8,70	69,57	17,39	4,35	0,00	158,97
UCM II	74,55	60,81	23,16	5,34	10,69	59,49	74,66
ULC	23,40	12,14	50,86	12,71	24,28	0,00	427,38
ULL	63,67	15,38	23,08	0,00	61,54	157,05	0,00
UMU	80,95	10,53	44,10	13,78	31,59	0,00	123,53
UOV	12,78	0,00	55,56	33,33	11,11	782,41	0,00
UPV	100,00	62,93	28,03	0,42	8,62	100,00	0,00
UPF	100,00	96,60	3,40	0,00	0,00	53,65	46,35
UPNA	34,82	87,34	12,66	0,00	0,00	142,20	144,99
USA	56,57	57,14	42,86	0,00	0,00	0,00	176,79
USC	81,23	0,00	36,36	45,45	18,18	123,11	0,00
USE	24,62	12,50	62,50	18,75	6,25	406,25	0,00
UVEG	47,27	47,96	35,42	9,40	7,23	211,55	0,00
UVA	64,62	0,00	82,14	14,29	3,57	154,76	0,00
UVI	26,04	0,00	45,45	18,18	36,36	384,09	0,00
UZA	68,42	52,72	29,55	9,29	8,44	146,17	0,00

Atendiendo a los valores de los *outputs* virtuales que aparecen en el cuadro 3.16 podemos concluir que la eficiencia conseguida por los departamentos de la Universidad de Alicante (UAL), de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y de la Universidad Pompeu Fabra (UPF) se debe básicamente a la superioridad de su rendimiento en la producción de artículos y capítulos en libros internacionales, mientras que la eficiencia alcanzada por los departamentos de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH) y de la Universidad del País Vasco (UPV) se explica por su excelente rendimiento, tanto en la producción de artículos y capítulos en libros internacionales como nacionales. Asimismo, la reciente creación de algunos departamentos como el de la Universidad

Pública de Navarra (UPNA), creado en 1989, o los departamentos de la Universidad Carlos III de Madrid (UCAR) y de la Universidad de Salamanca (USA), creados en 1990, está afectando a su escaso rendimiento en la producción de tesis doctorales durante los años 1993-1994 y 1994-1995, objeto de evaluación. Por otro lado, algunos departamentos, como el de la Universidad de Sevilla (USE) o el de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM II), poseen un número de profesores asociados a tiempo parcial bastante elevado, lo que explica en parte la sobredotación en el número de profesores no numerarios que predice el modelo. Desafortunadamente, este resultado se ve condicionado por el hecho de que, si bien en la medición de los *inputs* se ha tenido en cuenta la dedicación del profesorado, los datos no han permitido disponer de una medida aún más ajustada a la realidad, como es el número de profesores equivalente a tiempo completo (ETC). Esto conduce a que aquellos departamentos con gran número de profesores a tiempo parcial pueden verse penalizados en la evaluación de su eficiencia.

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

La interpretación de los resultados obtenidos conlleva caracterizar y explicar el grado y fuentes de la ineficiencia detectada. 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 Envoltante de Datos proporciona los objetivos de producción y consumo óptimos que las unidades productivas ineficientes deben alcanzar para ser consideradas eficientes. El cuadro 3.17 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%, y la de profesores no numerarios en un 24,4%, mientras que los objetivos de producción óptimos para los *outputs* consisten en un incremento de los artículos y capítulos en libros internacionales del

**CUADRO 3.17: Reducción potencial en los *inputs* e incremento potencial en los *outputs* de los departamentos ineficientes**

(porcentajes)

Departamentos ineficientes	Profesor numerario	Profesor no numerario	RECAINT	RECANA	Libros	Tesis
UOV	0,0	3,7	0,0	853,3	188,9	116,7
UAM I	35,5	0,0	816,7	307,4	566,7	0,0
ULC	5,6	0,0	978,2	352,3	227,6	2,0
USE	0,0	57,9	450,0	340,0	166,7	100,0
UVI	0,0	48,0	0,0	376,7	116,7	-45,8
UPNA	0,0	0,0	187,2	187,2	0,0	0,0
UVEG	0,0	3,0	111,5	140,7	66,2	27,8
UCLM	0,0	87,5	0,0	266,7	-66,7	0,0
USA	61,2	0,0	76,8	76,8	0,0	0,0
UCM I	40,0	0,0	209,4	54,7	12,5	12,5
ULL	0,0	63,2	220,8	327,8	133,3	-85,4
UVA	0,0	0,0	0,0	27,5	33,3	33,3
UZA	0,0	14,2	46,2	77,7	4,6	-18,5
UCM II	0,0	0,0	34,1	66,1	12,6	-24,3
UMU	40,6	0,0	312,8	37,4	-20,9	-72,9
USC	0,0	78,3	0,0	129,2	-79,2	-66,7
UAM II	0,0	48,3	22,4	413,6	-63,9	-58,1
UCAR	0,0	34,7	9,9	9,9	250,1	227,7
Media	10,20	24,40	193,11	224,72	86,03	-77,79

193,11%, un incremento potencial para los artículos y capítulos en libros nacionales del 224,72%, y del 86,03% en la producción de libros. En cuanto a la producción de tesis doctorales, se observa que para algunos departamentos ineficientes, especialmente los de la Universidad de La Laguna (ULL), Universidad de Murcia (UMU) y Universidad de 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%<sup>61</sup>. 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 departamen-

---

<sup>61</sup> 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*.

tos. 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 periodo de tiempo más amplio. Un diagnóstico exhaustivo de la ineficiencia evaluada 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 periodo 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.

### 3.6. Análisis de sensibilidad de los resultados

El Análisis Envoltente de Datos constituye una técnica de naturaleza determinista, lo que conlleva que no se dispone de un criterio estadístico que permita valorar la bondad de los resultados obtenidos. Por tanto, éstos pueden ser muy sensibles a errores de medida en las variables *inputs* y *outputs*, y a perturbaciones aleatorias. Por este motivo, contrastaremos la robustez de los resultados estudiando la sensibilidad de los mismos ante especificaciones alternativas de las variables que caracterizan la función de producción.

En el cuadro 3.18 se muestran los índices de eficiencia que obtienen los departamentos, según seis especificaciones distintas de las variables que caracterizan la función de producción. El modelo 1 refleja las restricciones técnico-productivas que se han 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 modelo 5 son

CUADRO 3.18: Análisis de sensibilidad

Departamentos de Economía	DEA 1	DEA 2	DEA 3	DEA 4	DEA 5	DEA 6
UAH	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
UAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
UAB	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	93,60
UAM I	21,82	21,82	21,82	21,82	24,68	17,11
UAM II	81,71	58,70	67,01	73,65	100,00	55,18
UCAR	90,99	90,99	90,99	90,99	71,14	71,09
UCLM	55,38	21,82	21,82	57,14	44,62	12,31
UCM I	62,91	58,18	59,26	62,08	50,06	47,18
UCM II	74,55	69,41	73,69	70,57	72,75	72,71
ULC	23,40	18,70	22,57	19,95	32,80	21,88
ULL	63,67	27,06	63,67	28,62	38,59	34,29
UMU	80,95	56,10	76,19	62,59	75,06	54,21
UOV	12,78	8,39	9,72	11,72	28,68	12,54
UPV	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
UPF	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	94,11
UPNA	34,82	34,82	34,82	34,82	33,06	32,88
USA	56,57	56,57	56,57	56,57	32,63	27,33
USC	81,23	34,91	54,86	68,57	81,79	29,01
USE	24,62	21,82	22,86	23,81	33,99	14,59
UVEG	47,27	44,53	45,73	45,91	62,63	46,48
UVA	64,62	62,73	63,16	64,29	73,48	64,62
UVI	26,04	16,78	23,74	20,51	29,05	17,81
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

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 se respetan las mismas restricciones técnico-productivas anteriormente definidas para el modelo 1.

El análisis de sensibilidad realizado permite concluir que cambios en las variables que caracterizan la función de producción

no alteran fundamentalmente los resultados. Los coeficientes de correlación son superiores al 87% 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 a que, por una parte, se está midiendo la eficiencia considerando funciones de producción diferentes, de forma que el rendimiento productivo que presenta un departamento cuando se estima, por ejemplo, la producción de artículos en revistas nacionales puede ser diferente que cuando lo que se mide son las tesis doctorales. Y, por otro lado, parte de las diferencias en los resultados obedece a que el número de dimensiones libres en cada especificación es diferente <sup>62</sup>.

---

<sup>62</sup> 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 (Sexton, Silkman y Hogan, 1986).





## 4. Aplicaciones del análisis de eficiencia en las instituciones de educación superior

LA aplicación empírica realizada pone de manifiesto que el Análisis Envolvente de Datos constituye una técnica de enorme interés para la gestión y evaluación del rendimiento productivo de los departamentos universitarios. El objetivo de este capítulo es realizar algunas aplicaciones del análisis de eficiencia que contribuyan a ahondar en el conocimiento de la tecnología de producción de los departamentos universitarios. Algunas de estas aplicaciones consisten en medir la relación técnica de sustitución de los factores productivos, así como las potenciales economías de alcance que existen en el proceso de producción. Asimismo, se evalúa la eficiencia de determinadas políticas públicas acometidas por las autoridades educativas españolas, en particular la política de creación de nuevas universidades públicas en los años 1980 y 1990 y la creación del Programa de Doctorado de Calidad.

### **4.1. La medición de las relaciones tecnológicas del sector: la relación técnica de sustitución**

El objetivo de este epígrafe es estimar la relación técnica de sustitución entre los dos *inputs* que caracterizan la función de producción, los profesores numerarios y no numerarios. Antes de realizar estas estimaciones resulta conveniente exponer algunas de las características fundamentales del mercado de trabajo interno de las universidades públicas, y analizar cómo afectan estas características a las productividades marginales de cada uno de los factores de producción.

#### **4.1.1. Características generales del mercado de trabajo interno de las universidades públicas**

Las dos características fundamentales del mercado de trabajo interno de las universidades públicas españolas son el empleo vitalicio de algunas categorías docentes y la aplicación de una estructura de salarios igualitaria, que retribuye a los profesores según su categoría docente. En cuanto al empleo vitalicio del profesorado universitario, podemos enumerar algunas ventajas y desventajas sobre la productividad de los factores de producción. Así, la naturaleza vitalicia del empleo ofrece tres ventajas fundamentales. En primer lugar, estimula la inversión en capital humano específico (Williamson, 1975) <sup>63</sup>. En este sentido, existen pocos incentivos para embarcarse en costosas inversiones para adquirir conocimientos específicos, a menos que tanto el empleador como el trabajador puedan esperar que la relación laboral continúe a largo plazo. En segundo lugar, el empleo vitalicio permite realizar una evaluación más precisa de las aportaciones de un empleado, al medir el rendimiento productivo en un periodo temporal largo. La introducción de contratos de incentivos óptimos exige establecer un equilibrio entre las ventajas de la provisión de incentivos y los costes de forzar a los trabajadores a aceptar los riesgos derivados tanto de la aleatoriedad del rendimiento como de los errores en la medición del desempeño. En el centro de todo sistema de incentivos hay un método de evaluación del rendimiento. Así, cuanto más intensamente se recompense el desempeño, más importante será medirlo con precisión. En tercer lugar, el empleo vitalicio ofrece ventajas en el proceso de contratación y promoción de los profesores. En este sentido, el modelo de contratos óptimos de Carmichael (1988) analiza las políticas óptimas de contratación y promoción en una universidad que desea maximizar su producción de investigación, se enfrenta a un presupuesto limitado y no conoce la mejor oportunidad alternativa de cada profesor. En la medida en que sólo los propios profesores están en condiciones de evaluar el desempeño de sus colegas, la norma del nombramiento vitalicio

---

<sup>63</sup> La especificidad de un activo se mide por el porcentaje del valor de la inversión que se pierde cuando el activo es trasladado del uso al que estaba dirigido al mejor uso alternativo.

podría estar dirigida a incitarlos a identificar y recomendar la contratación de los mejores candidatos; incluso de aquellos que fueran tan brillantes que podrían amenazar el empleo de su propio mentor, si no tuviera la garantía del nombramiento vitalicio. En ausencia de seguridad en el empleo, los problemas operativos que conlleva la contratación y despido de personal serían inmensos, puesto que los profesores valorarían a los candidatos como potenciales competidores que podrían reemplazarlos en el trabajo.

Por otra parte, el empleo vitalicio de los profesores universitarios también conlleva algunas desventajas sobre su productividad. En este sentido, existe la posibilidad de que la seguridad en el empleo conlleve una separación entre la retribución y la productividad del factor trabajo, con el consiguiente efecto negativo sobre los incentivos. Así, Freeman (1975) argumenta que el empleo vitalicio reduce la eficiencia de los académicos, al eliminar la posibilidad de ser despedidos por falta de rendimiento. Además, Freeman (1975) destaca que la seguridad en el empleo se convierte en una barrera para alcanzar un proceso de ajuste, en la medida en que, en periodos de recesión, la Universidad no puede retener rápidamente a los jóvenes trabajadores de alta calidad debido a los compromisos de empleo vitalicio. Bell y Seater (1978) recabaron la producción científica de una muestra de economistas americanos en el periodo 1970-1974, con el objetivo de analizar la relación existente entre el empleo vitalicio y el rendimiento investigador. Los resultados obtenidos muestran que la seguridad en el empleo parece haber tenido un efecto negativo en el rendimiento productivo del investigador, el cual cae, según estas estimaciones, una vez alcanzada la seguridad en el empleo. Por tanto, la naturaleza vitalicia del profesor puede constituir una restricción que limita las posibilidades de un departamento de optimizar su rendimiento. Por consiguiente, la indeterminación del análisis teórico relativo al efecto del empleo vitalicio sobre la productividad del factor trabajo exige acudir a la evidencia empírica del sector, para descifrar las relaciones técnicas de sustitución entre ambos *inputs*.

La segunda característica de los mercados laborales internos de las universidades públicas españolas consiste en que la retribución está básicamente determinada por la categoría docente del

profesorado, más que por su productividad real. La rígida aplicación del criterio de igualdad retributiva por cuerpos constituye un límite para la consecución de uno de los objetivos básicos de todo sistema retributivo, consistente en ser un mecanismo para reconocer los especiales méritos en la actividad desarrollada e incentivar el ejercicio de la misma. Además, la imposibilidad de que las universidades puedan competir por atraer profesores de alta calidad, por la vía de mayores salarios, provoca que las decisiones de movilidad de los docentes estén motivadas por las preferencias geográficas o por trabajar en una universidad con una excelente reputación en investigación. Por otra parte, un esquema de retribución, basado en la categoría docente, constituye una estrategia de criba para desalentar a aquellos individuos que tienen la intención de dejar la Universidad en un futuro relativamente próximo. Esta estrategia ofrece ventajas en la medida en que la renuncia de los profesores es costosa para la Universidad, especialmente cuando se han invertido cantidades significativas en su formación. En la actualidad, el esquema retributivo del profesorado universitario numerario con dedicación a tiempo completa también cuenta con un complemento de productividad, que incentiva el desarrollo de la actividad investigadora <sup>64</sup>.

Por consiguiente, se retribuye a los profesores en función de su categoría docente, su experiencia e incluso se cuenta con un complemento por méritos académicos. Sin embargo, el esquema de retribución no discrimina en función del coste de oportunidad que asumen los profesores cuando se especializan en áreas de conocimiento diferentes. Según Freeman (1975), la igualdad de salarios por disciplinas científicas tiene un coste en el sistema universitario, cuando las oportunidades y los salarios fuera del entorno académico difieren para cada área de conocimiento <sup>65</sup>. En este sentido, la política de aplicar igualdad de salarios por disciplinas académicas puede conducir a una escasez (exceso) de

---

<sup>64</sup> Véase el Real Decreto 1086/1989, de 28 de agosto, sobre retribuciones del profesorado universitario.

<sup>65</sup> El hecho de que las negociaciones, explícitas o implícitas, sobre las decisiones administrativas de la Universidad se realicen por representantes de distintas disciplinas científicas, es probable que tienda a producir un tratamiento simétrico en todas ellas, tal y como algún modelo de teoría de juegos predice (Rapaport, 1970).

oferta de profesorado de calidad en especialidades académicas en las que el coste de oportunidad es mayor (menor). Las limitadas oportunidades que tienen los profesores de algunos departamentos universitarios, especializados en áreas de conocimiento con un escaso valor de mercado, para obtener un puesto comparable en otra empresa significa que gran parte de sus ingresos salariales son *cuasirrentas*. Esto es, podría reducirse una fracción significativa de sus salarios sin que éstos cayeran por debajo de la mejor alternativa disponible. Por otra parte, según la teoría del salario de eficiencia, el empleador puede tener interés en pagar salarios mayores que los del mercado, para motivar a los trabajadores en aquellas tareas en las que el buen desempeño es importante y el control es difícil. A su vez, esta estrategia contribuye a reducir la rotación entre los empleados experimentados que han recibido una formación especializada. En definitiva, un sistema de incentivos con seguridad en el trabajo, escalas salariales con escasa conexión con el rendimiento, pocas perspectivas de promoción y atractivos salarios fuera del sistema universitario en algunas disciplinas pueden no resultar propicios para estimular la investigación.

#### 4.1.2. La medición de la relación técnica de sustitución

Podemos considerar un proceso productivo donde un vector de *outputs*  $y = (y_1, y_2, \dots, y_k) \in \mathbb{R}_+^k$  es producido por un vector de *inputs*  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in \mathbb{R}_+^m$ . Podemos escribir las variables *outputs* e *inputs* que caracterizan la función de producción en un único vector  $z \equiv (y, -x)^T$ . Se asume que la función de producción frontera dada por  $\{z: F(z) = 0\}$  es una función continua, diferenciable, cóncava y monótona; esto es, se cumple la libre disponibilidad de *inputs* y *outputs*<sup>66</sup>. Las funciones de producción que se estiman a través del Análisis Envolvente de Datos cumplen estas propiedades. La relación marginal de una variable  $i$  respecto a una variable  $j$ , en un punto concreto  $z_0 = (y^0, -x_0)^T$  en la frontera ( $F(z_0) = 0$ ), viene definida por la siguiente derivada parcial:

---

<sup>66</sup> En el caso de una función de producción con un único *input* y un único *output*,  $y = f(x)$ , es simplemente un caso particular con  $F = y - f(x)$ .

$$RM_{ij}(z_0) \equiv \frac{\partial z_i}{\partial z_j} \Bigg|_{z_0} = - \frac{\partial F / \partial z_j}{\partial F / \partial z_i} \Bigg|_{z_0} \quad i \neq j$$

Esta expresión ofrece el incremento en la variable  $i$  que resulta cuando la variable  $j$  se incrementa en una unidad, manteniendo el nivel del resto de variables constantes. Se observa que  $RM_{ij} = RM_{ji}^{-1}$ , y por la construcción de la frontera se obtiene que  $RM_{ij} \leq 0 \quad \forall i, j$ . Asimismo, la relación marginal está solamente definida cuando la función  $F$  tiene primeras derivadas continuas. Cuando las variables representan *inputs* se estima la relación técnica de sustitución; cuando representan *outputs*, se estima la relación marginal de transformación; y cuando  $z_i$  y  $z_j$  se refieren a un *output* y a un *input*, respectivamente, se estima la productividad marginal y su inversa constituye el coste marginal físico.

Denotamos por  $\chi^* = (u^*, v^*)$  los multiplicadores óptimos que describen un hiperplano particular situado sobre la frontera de producción. Esto implica que las relaciones marginales en cualquier punto interior de este hiperplano vienen dadas, simplemente, por la relación negativa e inversa de la ratio de los multiplicadores, esto es:

$$RM_{ij}(z_0) \equiv \frac{\partial z_i}{\partial z_j} \Bigg|_{z_0} = - \frac{\chi_j^*}{\chi_i^*}$$

Por consiguiente, a partir de los valores de las ponderaciones es posible calcular la relación técnica de sustitución entre dos *inputs*, la relación marginal de transformación entre dos *outputs* y las productividades y costes marginales. Nuestro modelo incorpora restricciones en las ponderaciones en los *outputs*, lo que implica limitar a priori el rango de variación de la relación marginal de transformación. Por este motivo, estimaremos únicamente la relación técnica de sustitución entre los profesores numerarios y los profesores no numerarios.

La frontera de posibilidades de producción, que se estima a través del Análisis Envoltente de Datos, es una función lineal formada por distintas combinaciones lineales de aquellas unidades

productivas eficientes que se sitúan sobre la frontera. Las unidades eficientes se ubican en los vértices de los hiperplanos que forman la frontera lineal. Ahora bien, en dichos vértices, los multiplicadores óptimos que se obtienen a través del DEA no constituyen una solución única, sino tan sólo una de las múltiples combinaciones que se obtienen con el método Simplex y que maximizan la eficiencia de la unidad productiva. Por tanto, la relación técnica de sustitución de los departamentos eficientes no ofrece una solución única, como consecuencia de que la frontera estimada es una función lineal. Por este motivo, el valor medio de la relación técnica de sustitución se estima exclusivamente para el conjunto de departamentos ineficientes, a partir de las ponderaciones que obtienen las unidades productivas ineficientes, cuando se proyectan sobre la frontera de producción, obviando, por tanto, las ponderaciones obtenidas por los departamentos eficientes. En el cuadro 4.1, se muestra que el valor medio de la relación técnica de sustitución entre profesores numerarios y profesores no numerarios para el conjunto de departamentos ineficientes es de 1,8285. Esto significa que cuando se incrementa el número de profesores no numerarios en una unidad, de acuerdo a las relaciones tecnológicas del sector, sería posible reducir el número de profesores numerarios en 1,8285, sin que se viese alterado el nivel de producción. Por tanto, se observa que, en media, existen algunas posibilidades de sustituir profesores numerarios mediante incrementos de profesores no numerarios, sin alterar el nivel de producción. El único departamento con una relación técnica de sustitución inferior a la unidad es el de la Universidad Carlos III de Madrid (UCAR), que ofrece un valor de 0,9163, mientras que el departamento de la Universidad Complutense de Madrid (UCM I) presenta la relación técnica de sustitución más elevada, con un valor de 2,7304. Como hemos señalado, la relación técnica de sustitución de 1,8285 corresponde únicamente al conjunto de departamentos ineficientes. Entre los departamentos ineficientes, el que exhibe el índice de eficiencia más elevado es el de la Universidad Carlos III de Madrid, con un 90,99%, a la vez que es el único departamento, entre los ineficientes, con una relación técnica de sustitución inferior a la unidad. Este hecho podría sugerir que las relaciones tecnológicas de



**CUADRO 4.1: Relación técnica de sustitución entre profesores numerarios y profesores no numerarios**

	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
RTS $\partial\text{NUM} / \partial\text{NONUM}$	1,8285	0,5267	0,9163	2,7304

sustitución, que caracterizan a los departamentos eficientes<sup>67</sup>, presentan un comportamiento diferencial al del conjunto de departamentos ineficientes. Desafortunadamente, la naturaleza lineal de la frontera de producción estimada nos impide confirmar esta hipótesis, en la medida en que la relación técnica de sustitución de los departamentos eficientes no ofrece una solución única.

## 4.2. Evaluación de las economías de alcance en la producción de las instituciones de educación superior

El objetivo de este epígrafe es indagar en la tecnología de producción de la educación superior y, en concreto, en la posible existencia de economías de alcance en el proceso productivo. Según Panzar y Willig (1981), existen economías de alcance cuando el coste de elaborar dos productos de forma separada es mayor que el coste total de su producción conjunta<sup>68</sup>, esto es:

$$C(y_1, 0) + C(0, y_2) > C(y_1, y_2)$$

Mientras que las economías de escala se refieren a los ahorros en costes, debidos al incremento en el tamaño o escala de opera-

<sup>67</sup> El conjunto de departamentos eficientes está formado por los de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH), Universidad de Alicante (UAL), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Universidad del País Vasco (UPV) y Universidad Pompeu Fabra (UPF).

<sup>68</sup> La posible existencia de complementariedades en costes fijos o cuasi fijos, que no son específicos a un único producto, constituyen una fuente potencial de economías de alcance.

ciones, las economías de alcance se refieren a los ahorros en costes motivados por el incremento en la complejidad de una variedad de productos, tecnologías y procesos<sup>69</sup>. En términos de producción, existen economías de alcance cuando el producto conjunto de una única organización es mayor que el que podrían producir dos organizaciones separadas, cada una de ellas elaborando un producto, pero empleando en su conjunto la misma cantidad de factores.

A continuación, analizaremos la metodología para estimar economías de alcance a través del Análisis Envoltente de Datos. Así, podemos suponer que se tienen  $k$  unidades de producción que producen dos *outputs*,  $y_{k1}$  e  $y_{k2}$ . A partir de estas unidades productivas se pueden organizar dos grupos. El primero, formado por  $j$  unidades productivas, está compuesto por aquellas unidades en las que el *output* 1 es el predominante, mientras que el segundo grupo, formado por  $k-j$  unidades productivas, está compuesto por aquellas unidades en las que el *output* 2 es el predominante. Una vez dividida la muestra, se evalúa la eficiencia para cada una de las submuestras por separado.

Así, para el conjunto de unidades productivas que generan predominantemente el *output*  $y_1$  se resuelve el siguiente problema:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximizar } \theta_h \\
 & \text{s. a.} \\
 & \sum_{i=1}^j \lambda_i y_{i1} \geq \theta_h y_{h1} \\
 & \sum_{i=1}^j \lambda_i y_{i2} \geq \theta_h y_{h2} \\
 & \sum_{i=1}^j \lambda_i x_i \leq x_h
 \end{aligned}$$

donde  $h$  es una unidad productiva comprendida entre  $i = 1, \dots, j$ , esto es, una unidad en la que el *output* preponderante es el pro-

---

<sup>69</sup> Algunos trabajos que han estimado economías de alcance a través de funciones de producción no paramétricas son Ullman y Holtman (1985), Dor (1989), Färe (1986) y Kittelsen y Førsund (1992).

ducto  $y_1$ . A continuación, se evalúa la eficiencia con la que operan las unidades productivas en las que el *output*  $y_2$  es el predominante, para lo cual se resuelve el siguiente problema:

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } \delta_p \\ & \sum_{i=j+1}^k \lambda_i y_{i1} \geq \delta_p y_{p1} \\ & \sum_{i=j+1}^k \lambda_i y_{i2} \geq \delta_p y_{p2} \\ & \sum_{i=j+1}^k \lambda_i x_i \leq x_p \end{aligned}$$

donde  $p$  es una unidad productiva comprendida entre  $i = j + 1, \dots, k$ , cuyo *output* preponderante es el producto  $y_2$ .

Por último, se evalúa la eficiencia de todas las unidades productivas conjuntamente, esto es, con independencia del *output* que resulte preponderante en su proceso productivo. El siguiente problema resuelve la eficiencia conjunta de todas las unidades productivas:

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } \phi_z \\ & \text{s. a.} \\ & \sum_{i=1}^k \lambda_i y_{i1} \geq \phi_z y_{z1} \\ & \sum_{i=1}^k \lambda_i y_{i2} \geq \phi_z y_{z2} \\ & \sum_{i=1}^k \lambda_i x_i \leq x_z \end{aligned}$$

donde  $z$  representa cualquier unidad productiva desde  $i = 1, \dots, k$ .

Las medidas de eficiencia  $\theta$ ,  $\delta$  indican el incremento máximo en la producción que puede alcanzarse cuando las unidades productivas se comparan en cada subgrupo por separado, mientras que la medida  $\phi$  muestra el incremento potencial en los *outputs* que es posible alcanzar cuando se evalúan todas las unidades productivas simultáneamente. Por consiguiente, para dos unidades productivas cualquiera, por ejemplo  $i = 1$  e  $i = j + 1$ , se obtiene

que las economías de alcance que resultan de combinar ambas unidades vienen dadas por las siguientes expresiones.

Para  $i = 1$ :

$$\frac{y_1^*}{y_1'} = \frac{\phi}{\theta}$$

siendo:

$$\begin{aligned} y_1^* &= \phi_1 y_1 \\ y_1' &= \theta_1 y_1 \end{aligned}$$

Así,  $y_1^*$  representa la producción potencial que puede obtenerse cuando se evalúa toda la muestra, mientras que  $y_1'$  representa la producción máxima que podría obtener la unidad productiva  $i = 1$  cuando se evalúan exclusivamente las unidades que producen, preponderantemente, el *output*  $y_1$ .

Por otro lado, para la unidad productiva  $i = j + 1$  se tiene:

$$\frac{y_{j+1}^*}{y_{j+1}'} = \frac{\phi_{j+1}}{\delta_{j+1}}$$

siendo:

$$\begin{aligned} y_{j+1}^* &= \phi_{j+1} y_{j+1} \\ y_{j+1}' &= \delta_{j+1} y_{j+1} \end{aligned}$$

Por otra parte, en un proceso productivo que no exhibe economías de alcance se obtiene:

$$\frac{y_1^*}{y_1'} = \frac{\phi_1}{\theta_1} = \frac{y_{j+1}^*}{y_{j+1}'} = \frac{\phi_{j+1}}{\delta_{j+1}} = 1$$

En este caso, no es posible explotar potenciales economías de alcance, que permitan obtener ganancias en términos de eficiencia.

El proceso productivo de las instituciones de educación superior es un proceso de producción conjunto, en el que las universidades producen múltiples *outputs* utilizando un mismo conjunto

de *inputs*. El objetivo fundamental de este epígrafe consiste en contrastar la existencia de potenciales economías de alcance, en la producción conjunta de investigación y de docencia en los estudios de doctorado. De los *outputs* que caracterizan la función de producción, el número de artículos y capítulos en libros internacionales (RECAINT) y el número de artículos y capítulos en libros nacionales (RECANA), y en menor medida el número de libros (LIBROS), reflejan estrictamente la producción de investigación. Por otra parte, el *output* número de tesis doctorales (TESIS) no sólo refleja la producción de investigación científica original, sino que además constituye un resultado directo de la calidad de los programas docentes que se imparten en el doctorado. Además, la producción de tesis puede considerarse como un indicador de producción de nuevo personal investigador, lo que constituye otra dimensión del proceso productivo.

En esta aplicación, la función de producción va a estar caracterizada únicamente por tres *outputs*, RECA, LIBROS y TESIS, donde la variable RECA constituye la suma de las variables RECAINT y RECANA, mientras que los *inputs* vienen definidos por los profesores numerarios (NUM) y los profesores no numerarios (NONUM). En la medida en que aumenta el número de dimensiones libres del problema, al agregar las variables RECAINT y RECANA, mejora la capacidad de discriminación de la técnica envolvente de datos (Nunamaker, 1985), y, por tanto, el problema exige en menor medida la introducción de restricciones en la ponderaciones. Por este motivo y por razones de sencillez operativa, en esta función de producción no se aplican restricciones en las ponderaciones. Para contrastar la existencia de potenciales economías de alcance, se utiliza la variable RECA para medir la investigación <sup>70</sup> y la variable TESIS como una medida *proxy* de la docencia y supervisión de los alumnos de doctorado, aun cuando este *output* también constituye un producto derivado de la actividad de investigación. Por tanto, a partir de estas dos variables, se divide la muestra total de departamentos en función del porcentaje de producción de

---

<sup>70</sup> En general, la producción científica en Economía, al igual que ocurre en otras disciplinas científicas, suele transmitirse fundamentalmente a través de artículos en revistas.

cada uno de estos *outputs*, RECA y TESIS, respecto a la producción total de todo el sector. Así, el grupo de departamentos en los que el *output* preponderante son los artículos en revistas está formado por los de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH), Universidad Autónoma de Madrid (UAM I), Universidad Carlos III de Madrid (UCAR), Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Universidad Complutense de Madrid (UCM I), Universidad del País Vasco (UPV), Universidad Pompeu Fabra (UPF), Universidad Pública de Navarra (UPNA), Universidad de Salamanca (USA), Universidad de Sevilla (USE), Universidad de Valencia (UVEG), Universidad de Valladolid (UVA) y Universidad de Zaragoza (UZA); mientras que el grupo de departamentos en los que el *output* preponderante son las tesis doctorales está formado por los de las siguientes universidades: Universidad de Alicante (UAL), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Universidad Autónoma de Madrid (UAM II), Universidad Complutense de Madrid (UCM II), Universidad de La Coruña (ULC), Universidad de La Laguna (ULL), Universidad de Murcia (UMU), Universidad de Oviedo (UOV), Universidad de Santiago de Compostela (USC) y Universidad de Vigo (UVI).

En el cuadro 4.2 se muestran los resultados obtenidos al medir las economías de alcance. Estos resultados confirman la existencia tanto de ineficiencias técnicas como de economías de alcance en el proceso productivo. Así, si se evalúa por separado cada grupo de departamentos, de acuerdo al producto que resulta preponderante, se podría incrementar la producción en promedio en un 33,30%. Por otro lado, si se evalúan ambos tipos de departamentos conjuntamente, el incremento potencial en eficiencia alcanzaría un 45,35%; pero esto exigiría considerar, como posibles unidades de referencia, combinaciones de departamentos

**CUADRO 4.2: Evaluación de las economías de alcance**

	Evaluación separada $\delta, \theta$	Evaluación conjunta $\phi$	Economías de alcance $\phi / \delta, \phi / \theta$
Artículos en revistas y tesis doctorales	1,3330	1,4535	1,0904

pertenecientes a ambos subgrupos. Por tanto, la combinación de ambos tipos de departamentos produce unas economías de alcance de un 9,04%. Esto es, cuando los factores que ocasionan la ineficiencia técnica se ajustan por separado en cada grupo, existe una mejora potencial de un 9,04%, resultado de combinar ambos tipos de departamentos.

En los programas de doctorado es donde con más claridad se evidencian las interrelaciones entre la docencia y la investigación. Así, pueden aparecer sinergias como resultado de la producción conjunta de docencia e investigación. La investigación puede incidir positivamente en la calidad y especialización de la docencia en el Tercer Ciclo. A su vez, la educación es un prerequisite para la creación de nuevo conocimiento. Y la información adquirida mediante la docencia con frecuencia puede ser un *input* para la investigación. Los alumnos de postgrado pueden ayudar a los profesores en sus investigaciones, aunque, por otro lado, dichos alumnos exigen a aquéllos la supervisión de sus proyectos y tesis doctorales. Las implicaciones de unas potenciales economías de alcance entre la producción de investigación y la de nuevos investigadores tiene una enorme trascendencia. En este sentido, la presencia de potenciales economías de alcance constituye un criterio para asignar los recursos humanos en un departamento de universidad entre las diferentes tareas. Así, aquellos profesores con una mejor evaluación de la investigación deberían asignarse especialmente a tareas de investigación, a la docencia de postgraduados y a la supervisión de estudiantes de doctorado, más que a desempeñar otro tipo de actividades que se realizan en un departamento de universidad. En el capítulo 2 analizamos cómo esta especialización del profesorado es una de las soluciones que se proponen en aquellos procesos de producción conjunta en los que se incumple el 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 (docencia e investigación) 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 aten-

ción que debiera <sup>71</sup>. Por otra parte, no debemos ignorar que las conexiones que se derivan del proceso de producción conjunto en un departamento universitario son muy complejas. En este sentido, en la medida en que el rendimiento marginal de la actividad de investigación es superior al de la actividad docente <sup>72</sup>, esta especialización del profesorado también puede significar asumir el riesgo de incurrir en costes de calidad en la docencia de la licenciatura.

### 4.3. La eficiencia de algunas políticas públicas en la educación superior

La eficiencia productiva de las universidades se ve condicionada por un conjunto de factores relativos tanto a la propia tecnología productiva como al marco institucional. En este sentido, el marco institucional en el que operan las universidades españolas ha experimentado notables reformas durante los años ochenta, como por ejemplo la promulgación de la Ley de Reforma Universitaria (LRU) o La Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación. Además, en este mismo periodo, se define la nueva organización de la investigación científica y tecnológica española bajo la tutela de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), con el Plan Nacional de I + D como principal instrumento. Por otra parte, la incorporación a la Comunidad Económica Europea permitió el acceso a los recursos de los diversos programas de investigación de la política comunitaria. Este notable esfuerzo económico se ha traducido en la adquisición y organización de una

---

<sup>71</sup> Además de la especialización del profesorado en tareas docentes o investigadoras, el riesgo que se ilustra en este ejemplo también podría limitarse minimizando el papel de los incentivos, o bien invirtiendo recursos para elaborar indicadores precisos del rendimiento productivo, en especial del *output* docente, que deberían incluirse en el contrato de incentivos.

<sup>72</sup> 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, como señalan Siegfried y Rendigs (1979) y Cave *et al.* (1991), la investigación es una actividad con un alcance internacional y cuenta con la ventaja de recibir un reconocimiento del trabajo a través de las distinciones científicas y de la difusión en revistas académicas.



infraestructura de apoyo a la investigación, que ha permitido un rápido crecimiento en el número y variedad de las líneas de investigación emprendidas por las universidades españolas.

El interés por diseñar estrategias eficientes, en el marco institucional que regula las universidades públicas españolas, nos motiva a contrastar la eficiencia alcanzada por dos políticas públicas acometidas en nuestro sistema universitario. En concreto, estas políticas se refieren a la creación de nuevas universidades públicas en las décadas de 1980 y 1990, y, por otra parte, la implementación del Programa de Doctorado de Calidad. Según Williamson (1975) los aspectos tecnológicos y organizativos no están disociados entre sí, sino que conviven y poseen una interdependencia recíproca. En efecto, formular un marco organizativo para los departamentos universitarios, orientado a fomentar una gestión más acorde con el principio de eficiencia, puede reportar enormes beneficios, en términos del rendimiento productivo alcanzado; sin embargo, en esta investigación no se abordan cuestiones relativas a la teoría de las organizaciones, por entender que sobrepasa los objetivos de este trabajo.

#### 4.3.1. Evaluación de la política de creación de nuevas universidades públicas

El objetivo de este epígrafe es analizar el impacto que ha tenido sobre la eficiencia productiva la política de creación de nuevas universidades públicas acometida en las décadas de 1980 y 1990. A partir de los índices de eficiencia obtenidos, el cuadro 4.3 clasifica los departamentos en función de su eficiencia o ineficiencia, en términos productivos, y su antigüedad. De este modo, puede observarse que de los 10 departamentos nuevos de la muestra sola-

**CUADRO 4.3: Relación entre la antigüedad y la eficiencia de los departamentos**

	Eficientes	Ineficientes	Total
Departamentos nuevos	1 (10%)	9 (90%)	10 (100%)
Departamentos antiguos	4 (30,77%)	9 (69,23%)	13 (100%)

mente uno, en concreto el de la Universidad Pompeu Fabra, ha resultado eficiente, mientras que los nueve departamentos restantes resultaron ser ineficientes. Asimismo, de los 13 departamentos antiguos de la muestra, cuatro de ellos se revelan como eficientes, mientras que los nueve restantes son ineficientes.

El criterio utilizado para dividir la muestra entre departamentos nuevos y antiguos viene determinado por la antigüedad en la implantación de la licenciatura de Ciencias Económicas y Empresariales (CC. EE.), rama Económicas, o bien la licenciatura en Economía. En este sentido, se consideran departamentos nuevos aquellos en los que la licenciatura se ha implantado a lo largo de las décadas de 1980 y 1990, mientras que los que ya disponían de la licenciatura con anterioridad a los años ochenta se consideran departamentos antiguos. De este modo, el grupo de universidades con una licenciatura relativamente nueva está formado por los departamentos de Economía de la Universidad de Valladolid (UVA), Universidad de Murcia (UMU), Universidad de Zaragoza (UZA), Universidad de Vigo (UVI), Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Universidad Pública de Navarra (UPNA), Universidad Carlos III de Madrid (UCAR), Universidad de La Coruña (ULC), Universidad Pompeu Fabra (UPF) y Universidad de Salamanca (USA). El resto de departamentos de Economía de la muestra se consideran con una licenciatura en CC. EE. relativamente antigua. En el cuadro 4.4 se muestra el año de creación de la licenciatura de CC. EE. (rama Económicas) o bien la licenciatura en Economía.

Un análisis más exhaustivo de la influencia de la antigüedad del departamento sobre su rendimiento productivo exige utilizar la metodología empleada por Charnes, Cooper y Rhodes (1981) y Ahn, Charnes y Cooper (1988*b*), que permite medir la eficiencia de un determinado programa de política pública. En nuestro caso, el objetivo es medir la eficiencia de la política de creación de nuevas universidades públicas. Este tipo de análisis parte del supuesto de que la ineficiencia total de las unidades productivas puede descomponerse en dos. Un primer componente de ineficiencia, atribuible a la propia gestión microeconómica de la unidad productiva, que es lo que denominamos eficiencia de gestión. Y un segundo componente de ineficiencia, atribuible a la

**CUADRO 4.4: Año de creación de la licenciatura de CC. EE. (rama Económicas) o de Economía**

Departamento de Economía	Año de la titulación	Departamento de Economía	Año de la titulación
UAH	1978	UMU	1983
UAL	1979	UOV	1978
UAB	1968	UPV	1955
UAM I	1968	UPF	1990
UAM II	1968	UPNA	1989
UCAR	1990	USA	1990
UCLM	1989	USC	1973
UCM I	1944	USE	1974
UCM II	1944	UVEG	1973
ULC	1990	UVA	1981
ULL	1976	UVI	1989
		UZA	1986

influencia de una determinada característica del marco institucional, como en nuestro caso sería el hecho de que el departamento sea nuevo o antiguo, siendo este segundo componente lo que denominamos eficiencia del programa <sup>73</sup>. Por consiguiente, una vez dividida la muestra entre departamentos antiguos y nuevos, el objetivo será comparar la eficiencia del programa de cada grupo de departamentos para de esta forma indagar en el efecto que la antigüedad del departamento tiene sobre su nivel de eficiencia, y determinar si existen diferencias significativas en los niveles de eficiencia con los que operan los departamentos nuevos y antiguos. El análisis sigue dos etapas. En la primera se estima la eficiencia intragrupos para cada conjunto de departamentos (antiguos y nuevos) por separado, cuando tanto las ineficiencias debidas a la gestión como las debidas al programa están presentes en los datos. A continuación, la ineficiencia de gestión estimada es eliminada, lo que se consigue proyectando las unidades pro-

<sup>73</sup> Ahn, Charnes y Cooper (1988b) señalan que la diferencia entre el concepto de eficiencia de gestión y eficiencia del programa puede considerarse análoga a la que hay entre el concepto de una tecnología de producción eficiente y el uso eficiente o ineficiente que se haga de esa tecnología, en el contexto de la teoría microeconómica de la producción.

ductivas sobre la frontera eficiente de cada uno de los grupos. Una vez eliminada la ineficiencia de gestión en cada uno de los grupos de departamentos, las dos fronteras eficientes obtenidas se identifican con la eficiencia del programa de los departamentos nuevos y de los departamentos antiguos. En la segunda etapa, una vez que se ha eliminado la ineficiencia de gestión, se calcula de nuevo la eficiencia para toda la muestra conjuntamente, de tal forma que la ineficiencia restante se asocia con la ineficiencia propia del programa con el que opera el departamento, ya sea como un departamento nuevo o antiguo. Las diferencias en eficiencia entre los dos programas y las ineficiencias de gestión dentro de cada uno pueden obedecer tanto a ineficiencias de escala como a razones estrictamente técnicas.

En el cuadro 4.5 se muestran los resultados que se obtienen al estimar la eficiencia intragrupos, así como la eficiencia del programa para cada grupo de departamentos. La función de producción subyacente incorpora como *inputs* a los profesores numerarios y no numerarios, y, como *outputs*, las variables RECAINT, RECANA, LIBROS y TESIS. Asimismo, en el modelo se formulan las mismas restricciones en las ponderaciones ya planteadas anteriormente.

**CUADRO 4.5: Eficiencia intragrupos y eficiencia del programa**  
(porcentajes)

	Eficiencia intragrupos	Eficiencia del programa
Departamentos nuevos	80,23	76,55
Departamentos antiguos	69,40	99,84

La segunda columna del cuadro 4.5 muestra la eficiencia intragrupos para cada uno de los conjuntos de departamentos. Así, se aprecia que la eficiencia media con la que operan los departamentos nuevos cuando se comparan con el resto de los de su mismo grupo es de un 80,23%, frente a una eficiencia intragrupos del 69,40% para los departamentos antiguos<sup>74</sup>. Sin embargo,

<sup>74</sup> Parte de las diferencias en la eficiencia intragrupos entre los dos grupos de departamentos obedece a que el número de dimensiones libres en cada especificación es diferente (Nunamaker, 1985). En efecto, cuanto mayor es el número de variables con

según se aprecia en la segunda columna de datos del cuadro 4.5, la eficiencia propia del programa es de un 99,84% para los departamentos antiguos, frente a un 76,55% para los nuevos. Por tanto, la eficiencia media atribuible al conjunto de departamentos antiguos es superior a la que exhiben los nuevos.

#### 4.3.2. Evaluación de los Programas de Doctorado de Calidad

Fundamentalmente en los Estados Unidos y en el Reino Unido es muy frecuente establecer *rankings* de calidad entre las instituciones universitarias, utilizando alguna medida objetiva u opiniones de los expertos<sup>75</sup>. Los *rankings* de calidad tienen una gran relevancia, en la medida en que constituyen un mecanismo de *screening* que genera información sobre la producción y la calidad de cada universidad, coadyuvando a que los diferentes grupos de interés, en especial los estudiantes y los empresarios, adopten las decisiones óptimas. Por otra parte, la evaluación de la eficiencia productiva resulta de mayor interés a la Administración Pública, en la medida en que contribuye a optimizar la eficiencia y mejorar la gestión del proceso productivo de las universidades. A diferencia de los *rankings* de calidad, la evaluación de la eficiencia productiva se basa en técnicas econométricas o de programación lineal, y en el principio económico de optimalidad paretiana, como criterio científico sobre el que fundamentar la asignación de recursos y cualquier reestructuración del sector que tenga por objetivo optimizar la eficiencia productiva.

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<sup>76</sup>. En

---

relación al 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 conseguir, por tanto, un índice de eficiencia unitario.

<sup>75</sup> Algunas de las medidas que se utilizan para elaborar estos *rankings* de las universidades son los gastos por alumno, las calificaciones académicas con las que acceden los alumnos a la Universidad, los salarios de los graduados al incorporarse al mercado laboral, etc. Además, para la evaluación del rendimiento productivo de las universidades, el CVCP (1985) recomendaba la utilización tanto de indicadores de rendimiento como de métodos de evaluación basados en la opinión de los expertos.

<sup>76</sup> Para analizar las posibilidades existentes en el marco de la vigente Ley de Reforma Universitaria (LRU) de estimular la competencia entre las universidades públi-

los estudios de Primer y Segundo Ciclo, la demanda de las universidades públicas españolas está exógenamente determinada, y, por ello, está totalmente desvinculada de su eficiencia o ineficiencia, permitiendo a las universidades contar con usuarios de forma garantizada, independientemente de cuáles sean sus resultados y su gestión. Ahora bien, las políticas de admisión y de financiación de las universidades públicas españolas sí permiten estimular un cierto grado de competencia en los estudios de Tercer Ciclo. Además, en España se cuenta con una evaluación de la calidad de los programas de doctorado que ofrecen los departamentos. En este sentido, aquellos departamentos que ofrecen un programa de doctorado que cumple con los requisitos de alta calidad y competitividad nacional, determinados por el Ministerio de Educación, reciben la distinción de Programa de Doctorado de Calidad. El objetivo de este epígrafe será estudiar la relación existente entre la evaluación realizada por el Ministerio de Educación, con relación al Programa de Doctorado de Calidad, y la eficiencia en la actividad de investigación que exhiben los departamentos de Economía.

En primer lugar, describiremos brevemente las características fundamentales del Programa de Doctorado de Calidad <sup>77</sup>. El objetivo de este programa, que se inicia en el curso académico 1994-1995, consiste en fomentar los estudios de Tercer Ciclo en las universidades, incentivando los Programas de Doctorado de Calidad para la formación de doctores de gran nivel, que precisan tanto el sistema de enseñanza superior como el de ciencia y tecnología. Además, esta iniciativa también tiene como fin fomentar la movilidad interuniversitaria del alumnado, al pasar del Segundo al Tercer Ciclo de los estudios superiores, así como la colaboración entre diferentes universidades. Para alcanzar este objetivo, el Programa prevé la concesión, en régimen de competencia competi-

---

cas como forma de mejorar su rendimiento, véase San Segundo (1989). Asimismo, en Albi, González-Páramo y López Casanovas (1997) se señalan algunos mecanismos orientados a la mejora de la gestión de los Servicios Públicos por la vía, por ejemplo, de la simulación de la competencia pública y de la constitución de mercados internos.

<sup>77</sup> Se han efectuado dos convocatorias experimentales de ayudas para Programas de Doctorado de Calidad, que se recogen en las Resoluciones de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación de 26 de septiembre de 1994 y de 15 de noviembre de 1995, respectivamente.

tiva, de ayudas financieras para el desarrollo de los programas de doctorado seleccionados.

El proceso de evaluación y selección de los Programas de Doctorado de Calidad realizado por el Ministerio de Educación se lleva a cabo de acuerdo a los siguientes criterios: calidad del historial científico-docente de los profesores implicados en el programa, avalado por el número de tesis dirigidas durante los seis últimos años por los doctores que participan en el programa; el número de becarios de Formación de Personal Investigador obtenidos en convocatorias competitivas durante los últimos seis años; calidad científico-técnica de los cursos y seminarios programados; y, por último, coherencia del contenido del programa con las líneas de investigación de los profesores implicados, así como número y dedicación de los mismos. Además, resultan objeto de atención preferente en este programa aquellas iniciativas que aúnen a grupos o departamentos de una o varias universidades o de otros centros públicos de investigación.

Las ayudas financieras concedidas se articulan como una transferencia condicionada, que podrá utilizarse exclusivamente para alguno de los cuatro supuestos siguientes. En primer lugar, para la compensación de una disminución de las obligaciones docentes en Primer y Segundo Ciclo de algunos profesores del programa, mediante la contratación de nuevo profesorado por parte de la Universidad. En segundo lugar, para la remuneración a profesores de otras universidades, o centros españoles o extranjeros, que impartan al menos dos créditos en el programa de doctorado. En tercer lugar, para sufragar los costes indirectos generados por la gestión y la administración del programa. Y, excepcionalmente, se podrán financiar ayudas al estudio para los alumnos del programa<sup>78</sup>. Por consiguiente, las ayudas concedidas no se podrán utilizar para remunerar al profesorado que pertenezca a la universidad responsable del programa de doctorado.

El conjunto de departamentos de Economía que contaron con un Programa de Doctorado de Calidad en las dos convocatorias

---

<sup>78</sup> La Resolución de 15 de noviembre de 1995 introduce como novedad que las ayudas también podrán destinarse, con un máximo del 10%, a la compra de material (libros, *software* y material no inventariable) necesario para la realización de los cursos.

realizadas estaba formado por los de la Universidad de Alicante (UAL), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Universidad Pompeu Fabra (UPF), Universidad del País Vasco (UPV) y Universidad Carlos III de Madrid (UCAR)<sup>79</sup>. Por otro lado, el conjunto de departamentos que se han revelado como eficientes, de acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior, son los de la Universidad de Alicante (UAL), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Universidad Pompeu Fabra (UPF), Universidad del País Vasco (UPV) y Universidad de Alcalá de Henares (UAH). Por tanto, se observa que el grupo de departamentos eficientes prácticamente coincide con el conjunto de los que disponen de un Programa de Doctorado de Calidad, salvo en el caso de la Universidad de Alcalá de Henares, que, siendo eficiente, no cuenta con un Programa de Doctorado de Calidad; y, por otra parte, la Universidad Carlos III de Madrid, que si bien contaba con dicho programa muestra una eficiencia del 90,99%. En el cuadro 4.6 se clasifican los departamentos de la muestra en función de su rendimiento productivo, de acuerdo al análisis de eficiencia realizado, y de que cuenten o no con un Programa de Doctorado de Calidad.

**CUADRO 4.6: Relación entre los Programas de Doctorado de Calidad y la eficiencia de los departamentos**

	Eficientes	Ineficientes	Total
Departamentos con Programa de Doctorado de Calidad	4 (80%)	1 (20%)	5 (100%)
Departamentos sin Programa de Doctorado de Calidad	1 (5,56%)	17 (94,44%)	18 (100%)

Con el objetivo de analizar un posible comportamiento diferencial en el rendimiento productivo de los departamentos, en función de que cuenten o no con un Programa de Doctorado de Calidad, en el cuadro 4.7 se muestran los estadísticos descriptivos

<sup>79</sup> La Universidad Complutense de Madrid (UCM) consiguió un Programa de Doctorado de Calidad únicamente en la primera convocatoria experimental, pero no en la segunda. En esta investigación consideraremos que el conjunto de departamentos con Programas de Doctorado de Calidad está formado por los cinco que lograron esta distinción en ambas convocatorias.



**CUADRO 4.7: Estadísticos descriptivos de los departamentos con un Programa de Doctorado de Calidad**

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
NUM	27,00	8,15	0,30	18,00	39,00
NONUM	24,70	10,96	0,44	13,00	38,50
RECAINT	38,40	12,58	0,33	24,00	56,00
RECANA	18,40	12,72	0,69	5,00	39,00
LIBROS	2,60	1,52	0,58	1,00	4,00
TESIS	6,00	3,54	0,59	2,00	10,00

de las variables que caracterizan la función de producción, únicamente para el grupo de departamentos que cuentan con un Programa de Doctorado de Calidad.

Cuando se comparan los estadísticos descriptivos de los departamentos con un Programa de Doctorado de Calidad con los que aparecen en el cuadro 3.1 para el conjunto del sector se aprecian algunas diferencias. Así, los departamentos con un Programa de Doctorado de Calidad tienen, como media, un número de profesores, tanto numerarios como no numerarios, superior al del conjunto de la muestra. En efecto, los departamentos con un Programa de Doctorado de Calidad tienen como media 27,00 numerarios y 24,70 no numerarios, frente a la media de toda la muestra, que tiene 15,83 numerarios y 15,96 no numerarios. Asimismo, su nivel medio de producción es superior al del conjunto de la muestra, excepto en la producción de libros. La producción media de libros de la muestra es de 4,13 y la del conjunto de departamentos con Programas de Doctorado de Calidad es de 2,60. En cuanto a la variable RECAINT, los departamentos con Programas de Doctorado de Calidad producen 38,40, frente a los 12 de toda la muestra; y en cuanto a la variable RECANA, los departamentos con Programas de Doctorado de Calidad producen 18,40, frente a los 16,22 de toda la muestra. Por último, los departamentos con Programas de Doctorado de Calidad producen casi el doble de tesis que la media muestral.

Fundamentalmente, tres factores explican las discrepancias que existen entre los departamentos que resultan eficientes y

aquellos que han recibido la distinción de contar con un Programa de Doctorado de Calidad. En primer lugar, el Programa de Doctorado de Calidad se inicia en el curso 1994-1995, y en la evaluación de los Programas de Doctorado se analiza fundamentalmente la producción científica efectuada por los profesores en el pasado. Sin embargo, en el análisis de eficiencia realizado se considera como *output* científico únicamente la producción del departamento en los cursos 1993-1994 y 1994-1995. En segundo lugar, la distinción del Programa de Doctorado de Calidad era el resultado de una evaluación realizada por el Ministerio de Educación, a partir de las solicitudes recibidas de los departamentos académicos. Sin embargo, no todos los departamentos considerados en la muestra de esta investigación solicitaron la ayudas que ofrecía el Programa de Doctorado de Calidad. En tercer lugar, los objetivos que se pretenden medir son diferentes. Así, mientras que en el Programa de Doctorado de Calidad se evalúa la producción científica a través de la calidad del historial científico de los profesores, en el análisis realizado en esta investigación el objetivo no es evaluar la producción, sino valorar la eficiencia técnica en el proceso productivo. Por este motivo, una medida más aproximada para evaluar la selección de departamentos con Programas de Doctorado de Calidad consiste en analizar el número de tesis doctorales presentadas en cada departamento, en los cursos 1995-1996 y 1996-1997. Así, en el cuadro 4.8 se observa que los departamentos con una producción de tesis doctorales más alta son los de la Universidad Autónoma de Barcelona, con 23 tesis doctorales, los de la Universidad de Valencia, con 19 tesis, y los de la Universidad Carlos III de Madrid, con 14 tesis, en los cursos 1995-1996 y 1996-1997. Por otro lado, existe un conjunto de departamentos que, sin contar con un Programa de Doctorado de Calidad, poseen una producción de tesis muy alta, como por ejemplo el de la Universidad de Valencia, con un 13,97% de tesis doctorales, el de la Universidad de Zaragoza, con un 8,09%, el de la Universidad Complutense de Madrid II, con un 8,09%, y el de la Universidad de Alcalá de Henares, con un 5,15%. Además, únicamente el 38,23% de las tesis doctorales de este periodo se han presentado en los departamentos que cuentan con un Programa de Doctorado de Calidad. Asimismo, el 33,82% del total de tesis

doctorales se han presentado en los nuevos departamentos que fueron creados en las décadas de 1980 y 1990. En la cuarta columna del cuadro 4.8 se muestra el índice que resulta al dividir el número de tesis doctorales producidas entre el número de profesores doctores con los que cuenta el departamento, expresado en tantos por cien. Así, mientras que para todo el sector el porcentaje de tesis doctorales producidas sobre el número de doctores del departamento es de un 36,17%, para el conjunto de departamentos con un Programa de Doctorado de Calidad es sólo ligeramente superior, con un valor del 37,96%.

**CUADRO 4.8: Producción de tesis doctorales.  
Cursos académicos 1995-1996 y 1996-1997**

Departamento de Economía	Número de tesis doctorales	Porcentaje	Número tesis/ número doctores (porcentaje)
UAH	7	5,15	43,75
UAL	6	4,41	24,00
UAB	23	16,91	52,27
UAM I	3	2,21	14,29
UAM II	1	0,74	6,25
UCAR	14	10,29	56,00
UCLM	4	2,94	200,00
UCM I	6	4,41	27,27
UCM II	11	8,09	44,00
ULC	4	2,94	40,00
ULL	3	2,21	42,86
UMU	4	2,94	44,44
UOV	3	2,21	42,86
UPV	7	5,15	31,82
UPF	2	1,47	9,52
UPNA	2	1,47	40,00
USA	0	0,00	0,00
USC	0	0,00	0,00
USE	1	0,74	8,33
UVEG	19	13,97	55,88
UVA	4	2,94	44,44
UVI	1	0,74	12,50
UZA	11	8,09	45,83
<b>Total</b>	<b>136</b>	<b>100</b>	<b>36,17</b>

Fuente: Ministerio de Educación y Cultura. Elaboración propia.

En el curso académico 1998-1999, el Programa de Doctorado de Calidad se reemplazó por un nuevo instrumento diseñado por la Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica, destinado a favorecer la movilidad del profesorado en los programas de doctorado de las universidades públicas<sup>80</sup>. Esta convocatoria pretende incorporar la experiencia acumulada en relación con las dos convocatorias de ayudas para Programas de Doctorado de Calidad. Las ayudas se destinan a los cursos de doctorado del año académico 1998-1999. El objetivo de este nuevo programa es potenciar la calidad de la formación del alumnado del Tercer Ciclo y de los grupos de investigación y docencia. Para alcanzar tal fin, instrumenta una serie de ayudas, concedidas en régimen de concurrencia competitiva, destinadas a promover la movilidad del profesorado universitario, español o extranjero, para participar en programas de doctorado. En este sentido, la movilidad de los docentes en los programas de doctorado aparece como un instrumento importante para conseguir los objetivos de calidad y excelencia en la formación del alumnado del Tercer Ciclo, aprovechando del modo más eficiente los recursos humanos dentro y fuera de España.

El proceso de evaluación y selección se realiza de acuerdo a los siguientes criterios: calidad del historial científico-docente de los profesores del departamento, calidad del historial científico-docente de los profesores invitados, calidad científico-técnica de los cursos y seminarios programados, coherencia del contenido del programa con las líneas de investigación de los profesores implicados, así como el número y dedicación de los mismos. Además, el programa destaca que serán objeto de atención preferente aquellas iniciativas que aúnen a grupos o departamentos de una o de varias universidades o de otros centros públicos de investigación. Asimismo, se valorará favorablemente la participación de alumnos de otras universidades. Por el momento, el único departamento de Economía que se ha visto beneficiado de esta ayuda es el de la Universidad Pompeu Fabra (UPF).

---

<sup>80</sup> Véase la Resolución de 14 de mayo de 1998, de la Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica, en la que se convocan ayudas para favorecer la movilidad del profesorado en los programas de doctorado de las universidades públicas.

Al igual que en el Programa de Doctorado de Calidad, las ayudas destinadas a favorecer la movilidad del profesorado en los programas de doctorado deben destinarse a una serie de partidas específicas. En concreto, estas ayudas se destinarán a la remuneración de los gastos de desplazamiento y dietas de los profesores e investigadores de otras universidades o centros de investigación que impartan al menos un crédito en el programa de doctorado. Además, las ayudas podrán financiar hasta un 30% de los créditos del programa de doctorado. Sin embargo, las ayudas concedidas no se podrán utilizar para remunerar al profesorado del programa que pertenezca a la universidad responsable del mismo.

# Conclusiones

Las principales conclusiones que se desprenden del libro 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 eficacia técnica a través del Análisis Envoltante 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 conlleva 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 se incumple el principio de igualdad de las compensaciones, en la medida en 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 Envolvente 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 conlleva 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 la muestra es de un 63,99%, resultando eficientes el 21,74% 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 detectado 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.

7. Los resultados obtenidos revelan que el valor medio de la relación técnica de sustitución, entre profesores numerarios y profesores no numerarios, para el conjunto de departamentos ineficientes es de 1,8285.
8. El proceso productivo de las instituciones de educación superior es un proceso de producción conjunta, en el que la docencia y la investigación constituyen los dos *outputs* fundamentales. Los resultados obtenidos evidencian la existencia de unas potenciales economías de alcance, por valor de un 9,04%, en la producción conjunta de investigación y de docencia en los estudios de doctorado. Estas estimaciones revelan la existencia de sinergias como resultado de la producción conjunta de estos dos *outputs*.
9. La eficiencia productiva de las universidades se ve condicionada por un conjunto de factores relativos tanto a la propia tecnología productiva como al marco institucional. El interés por diseñar estrategias eficientes, en el marco institucional que regula las universidades públicas españolas, nos motiva a contrastar la eficiencia alcanzada por dos políticas públicas acometidas en nuestro sistema universitario. En concreto, estas políticas se refieren a la creación de nuevas universidades públicas en las décadas de 1980 y 1990, y, por otra parte, la implementación del Programa de Doctorado de Calidad. La evidencia empírica obtenida revela que la antigüedad del departamento es un factor que influye positivamente sobre su eficiencia en la actividad de investigación. Asimismo, el Programa de Doctorado de Calidad, implantado por el Ministerio de Educación, constituyó un instrumento de enorme interés para potenciar la producción y la calidad en los estudios de Tercer Ciclo.





## ANEXO



CUADRO A.1: Evaluación de la eficiencia en departamentos de universidad

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Modelo
Johnes y Johnes (1993)	Evaluación de la eficiencia en investigación de 36 departamentos de Economía en el Reino Unido en el periodo 1984-1988.	Profesores dedicados a la enseñanza e investigación en personas-mes, profesores dedicados sólo a investigación en personas-mes, fondos de investigación per cápita.	Artículos en revistas académicas, cartas en revistas académicas, libros, capítulos en libros, artículos en las principales revistas, fondos de investigación.	CCR
G. Johnes (1995)	Evaluación de la eficiencia de 60 departamentos de Economía del Reino Unido.	Profesores contratados por la Universidad, profesores pagados por instituciones exteriores a la Universidad.	Artículos en revistas académicas, libros, capítulos en libros, fondos de investigación.	BCC
Johnes y Johnes (1995)	Evaluación de la eficiencia en investigación de 36 departamentos de Economía del Reino Unido en el periodo 1984-1988.	Profesores dedicados a enseñanza e investigación en personas-mes.	Artículos y cartas en revistas académicas, Artículos en las principales revistas.	CCR. Restricción en las ponderaciones de los <i>outputs</i> .
Beasley (1990)	Evaluación de la eficiencia en 52 departamentos de Química y en 50 departamentos de Física en el Reino Unido en 1986-1987.	Gastos generales, gastos en equipo y fondos de investigación.	Alumnos de licenciatura, de postgrado en cursos docentes, de postgrado dedicados a la investigación, fondos de investigación, evaluación institucional de la investigación.	CCR Restricciones en las ponderaciones.
Beasley (1995)	Evaluación de la eficiencia en docencia y en investigación en 52 departamentos de Química y en 50 departamentos de Física en el Reino Unido en 1986-1987.	Gastos generales, gastos en equipo y fondos de investigación.	Alumnos de licenciatura, de postgrado en cursos docentes, de postgrado dedicados a la investigación, fondos de investigación, evaluación institucional de la investigación.	CCR Restricciones en las ponderaciones.

CUADRO A.1 (cont.): Evaluación de la eficiencia en departamentos de universidad

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Modelo
Tomkins y Green (1988)	Evaluación de la eficiencia de 20 departamentos de contabilidad en el Reino Unido en 1984-1985.	Profesores a tiempo completo, salarios de los profesores, otros gastos.	Alumnos de licenciatura, de postgrado en cursos docentes, de postgrado dedicados a la investigación, fondos por contratos de investigación, otros fondos de investigación, otros ingresos, número de publicaciones científicas.	CCR
Madden, Savage y Kemp (1997)	Evaluación de la eficiencia de 29 departamentos de Economía australianos en 1987 y 1991. Evaluación de la reforma universitaria.	Número de profesores.	Artículos en las principales revistas, artículos en otras revistas, libros, alumnos de licenciatura y de postgrado.	CCR
Sarafoglou y Haynes (1996)	Evaluación de la eficiencia de 14 departamentos suecos de Economía y Administración de empresas en 1983-1988.	Profesores, profesores ayudantes e investigadores.	Artículos, tesis doctorales, tesis de licenciatura, factor de impacto agregado de los artículos del departamento.	CCR
Sinuany-Stern <i>et al.</i> (1994)	Evaluación de la eficiencia de 21 departamentos de la Universidad de Ben-Gurion en Israel en 1988.	Salarios de los profesores, gastos operativos.	Número de publicaciones, número de alumnos graduados, núm. de créditos horas de clases dados por el departamento, fondos de investigación	CCR

CUADRO A.1 (cont.): Evaluación de la eficiencia en departamentos de universidad

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Modelo
Pina y Torres (1995)	Evaluación de la eficiencia de 22 departamentos de Contabilidad españoles en 1991-1992.	Profesores a tiempo completo, profesores a tiempo parcial, ordenadores, gasto en la adquisición de libros y revistas por profesor.	Artículos en revistas, libros, ponencias y comunicaciones en congresos, número de alumnos.	CCR
Olesen y Petersen (1995)	Evaluación de la investigación en 18 departamentos de Economía y Administración de Empresas daneses en el periodo 1975-1986.	Profesores, profesores ayudantes, profesores asociados, ayudantes de investigación.	Libros, artículos publicados en revistas danesas, artículos publicados en revistas extranjeras, documentos de trabajo.	CCR Aplicación de un método que tiene en cuenta la existencia de ruido en los datos.
Doyle <i>et al.</i> (1996)	Evaluación de la eficiencia en investigación de 85 departamentos de Administración de Empresas en el Reino Unido en 1988-1992.	Profesores dedicados a la investigación.	Artículos en revistas <i>top</i> americanas, artículos en revistas <i>top</i> británicas, artículos en otras revistas con <i>referere</i> , artículos en revistas profesionales, artículos en revistas populares, cartas, ponencias con <i>referere</i> , ponencias sin <i>referere</i> , revisión de libros, libros, otras publicaciones, fondos de investigación, otros fondos no dirigidos a investigación, becas para investigación, otras becas no dirigidas a investigación, alumnos de doctorado, otros alumnos de postgrado.	CCR Modelo de la supereficiencia de Andersen y Petersen. Restricción en las ponderaciones.

**CUADRO A.2: Evaluación de la eficiencia en universidades**

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Modelo
Ahn, Charnes y Cooper (1988b)	Comparar la eficiencia de 108 universidades públicas y 53 privadas en Estados Unidos, con y sin facultades de Medicina, en 1984-1985.	Gastos de enseñanza, <i>expenditures</i> , gastos generales, inversión física.	Alumnos de licenciatura equivalentes a tiempo completo (ETC), alumnos de postgrado (ETC), fondos y contratos de investigación.	CCR
Ahn (1987)	Evalúa la eficiencia de 31 <i>senior colleges</i> y universidades públicas en Texas en el periodo 1981-1985.	Salarios de los profesores, fondos de investigación, gastos generales, inversión en equipos.	Alumnos de licenciatura, alumnos de postgrado, número de créditos hora de clases, fondos de investigación	CCR
Ahn y Seiford (1993)	Compara la eficiencia de 104 universidades públicas y 49 privadas en Estados Unidos en 1985-1986.	Salarios de los profesores, inversión física, gastos generales. Salarios de los profesores, inversión física, gastos generales. Salarios de los profesores, inversión física, gastos generales, alumnos de licenciatura (ETC), alumnos de postgrado (ETC).	Alumnos de licenciatura (ETC), alumnos de postgrado (ETC). Número total de alumnos (ETC). Alumnos de licenciatura graduados, alumnos de postgrado graduados, fondos de investigación.	CCR, BCC, aditivo y multiplicativo. CCR, BCC, aditivo y multiplicativo. CCR, BCC, aditivo y multiplicativo.
		Salarios de los profesores, inversión física, gastos generales, matrícula total.	Número de alumnos graduados, fondos de investigación.	CCR, BCC, aditivo y multiplicativo.

CUADRO A.2 (cont.): Evaluación de la eficiencia en universidades

Autor	Objetivo	Inputs	Outputs	Modelo
Rhodes y Southwick (1986)	Compara la eficiencia de 96 universidades públicas y 54 privadas en Estados Unidos en 1979-1989.	Profesores, profesores ayudantes, gasto de la biblioteca, gastos de mantenimiento.	Alumnos de licenciatura, alumnos de postgrado, alumnos de licenciatura graduados, alumnos de Masters graduados, tesis doctorales, fondos de investigación.	CCR
Athanasopoulos y Shale (1997)	Evaluación de la eficiencia en costes y técnica de 45 universidades del Reino Unido en 1992-1993.	Gastos generales, fondos de investigación.	Número de alumnos de licenciatura graduados, número de alumnos de postgrado graduados, evaluación institucional de la investigación.	CCR
		Alumnos de licenciatura (ETC), alumnos de postgrado (ETC), número de profesores (ETC), calificación media en el <i>A-level</i> , fondos de investigación, gasto en biblioteca y servicios informáticos.	Número de alumnos de licenciatura graduados, número de alumnos de postgrado graduados, evaluación institucional de la investigación.	CCR Restricciones en las ponderaciones.
Breu y Raab (1994)	Evaluación de la eficiencia en la producción de satisfacción a los estudiantes y la calidad percibida en las 25 universidades <i>top</i> en Estados Unidos, en 1992.	Calificación media en el <i>SAT</i> , porcentaje de profesores doctores, ratio profesor-alumno, gastos generales por alumno, tasas de matrícula por alumno.	Tasas de graduación. Porcentaje de nuevos alumnos inscritos que continúan sus estudios.	CCR





# Bibliografía

- AGRELL, P. y R. STEUER (1997): «Faculty performance measurement using Data Envelopment Analysis», ponencia presentada en el Joint International Meeting Euro XV-Infirms XXXIV, Barcelona.
- AHLBRANDT, R. J. (1973): «Efficiency in the provision of fire services», *Public Choice*, núm. 16, págs. 1-15.
- AHN, T. (1987): *Efficiency and related issues in higher education: a Data Envelopment Analysis approach*, Ph. D. dissertation, Austin, TX, Graduate School of Business, Universidad de Texas.
- A. CHARNES y W. W. COOPER (1988a): «Efficiency characterizations in different DEA models», *Socio-Economic Planning Sciences*, 22 (6), págs. 253-257.
- A. CHARNES y W. W. COOPER (1988b): «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.
- y L. M. SEIFORD (1993): «Sensitivity of DEA to models and variable sets in a hypothesis test setting: the efficiency of university operations», en Y. Ijiri (ed.): *Creative and innovative approaches to the science of management*.
- AIGNER, D. J. y S. F. CHU (1968): «On estimating the industry production function», *American Economic Review*, núm. 58, págs. 826-839.
- C. A. K. LOVELL y P. SCHMIDT (1977): «Formulation and estimation of stochastic frontier production function models», *Journal of Econometrics*, 6, págs. 21-37.
- ALBI IBÁÑEZ, E. (1992): «Evaluación de la eficiencia pública. El control de la eficiencia del sector público», *Hacienda Pública Española*, 120-212, págs. 299-316.
- J. M. GONZÁLEZ-PÁRAMO y G. LÓPEZ CASASNOVAS (1997): *Gestión pública. Fundamentos, técnicas y casos*, Madrid, Ariel.
- ALCHIAN, A. A. (1965): «Some economies of property rights», *Político*, 30, págs. 816-829.
- y H. DEMSETZ (1972): «Production, information cost and economic organization», *American Economic Review*, 62, págs. 777-795.
- ALI, A. I. *et al.* (1993): An application of Data Envelopment Analysis to management of US Army recruitment districts, en R. L. Schultz (ed.): *Applications of management science, a research annual*.
- ALLEN, R. y E. THANASSOULIS (1996): *Increasing envelopment in Data Envelopment Analysis*, Warwick Business School Research Papers, núm. 210.
- *et al.* (1997): «Weight restrictions and value judgements in Data Envelopment Analysis: evolution, development and future directions», *Annals of Operations Research*, 73, págs. 13-34.
- ANDERSEN, P. y N. C. PETERSEN (1993): «A procedure for ranking efficient units in Data Envelopment Analysis», *Management Science*, 39, 10, págs. 1261-1264.

- ARROW, K. J. (1951): *Social choice and individual values*, Nueva York, John Wiley & Sons.
- ATHANASSOPOULOS, A. y E. SHALE (1997): «Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of Data Envelopment Analysis», *Education Economics*, vol. 5, núm. 2, págs. 117-134.
- BANKER, R. (1984): «Estimating most productive scale size in Data Envelopment Analysis», *European Journal of Operational Research*, 17, págs. 35-44.
- (1993): «Maximum likelihood, consistency and Data Envelopment Analysis: a statistical foundation», *Management Science*, vol. 39, núm. 10, octubre, págs. 1265-1273.
- (1996): «Hypothesis tests using Data Envelopment Analysis», *Journal of Productivity Analysis*, vol. 7, núms. 2-3, págs. 139-159.
- y R. M. THRALL (1992): «Estimation of returns to scale using Data Envelopment Analysis», *European Journal of Operational Research*, 62, págs. 74-84.
- A. CHARNES y W. COOPER (1984): «Some models for estimating technical and scale efficiencies in Data Envelopment Analysis», *Management Science*, vol. 30, núm. 9, págs. 1078-1092.
- *et al.* (1988): «A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency», en Ali Dogramaci y Rolf Färe (eds.): *Applications of modern production theory: efficiency and productivity*, cap. 2, págs. 33-55.
- BARROW, M. y A. WAGSTAFF (1989): «Efficiency measurement in the public sector: an appraisal», *Fiscal Studies*, 10 (1), págs. 72-97.
- BEASLEY, J. E. (1990): «Comparing university departments», *Omega, International Journal of Management Science*, 18 (2), págs. 171-183.
- (1995): «Determining teaching and research efficiencies», *Journal of the Operational Research Society*, 46, págs. 441-452.
- BECKER, W. E. (1979): «Professorial behavior given a stochastic reward structure», *American Economic Review*, 69 (5), págs. 1010-1017.
- (1982): «The educational process and student achievement given uncertainty in measurement», *American Economic Review*, 72 (1), marzo, págs. 229-236.
- (1997): «Teaching Economics to undergraduates», *Journal of Economic Literature*, vol. XXXV, septiembre, págs. 1347-1373.
- BELL, J. G. y J. J. SEATER (1978): «Publishing performance: departmental and individual», *Economic Inquiry*, 16, págs. 599-615.
- BENZING, C. y P. CHRIST (1997): «A survey of teaching methods among Economics Faculty», *The Journal of Economic Education*, vol. 28, núm. 2, primavera, págs. 182-188.
- BESSENT, A. M. y E. W. BESSENT (1980): «Determining the comparative efficiency of schools through Data Envelopment Analysis», *Educational Administration Quarterly*, 16 (2), págs. 57-75.
- *et al.* (1982): «An application of mathematical programming to assess productivity in the Houston independent school district», *Management Science*, 28 (12), págs. 1355-1367.
- *et al.* (1983): «Evaluation of educational program proposals by means of Data Envelopment Analysis», *Educational Administration Quarterly*, 19 (2), págs. 82-107.
- *et al.* (1984): «Educational productivity council employs management science methods to improve educational quality», *Interfaces*, 14, págs. 1-8.
- *et al.* (1988): «Efficiency frontier determination by constraint facet analysis», *Operations Research*, 36, págs. 785-796.

- BORDONS, M. *et al.* (1996): «Local, domestic and international scientific collaboration in biomedical research», *Scientometrics*, vol. 37, núm. 2, págs. 279-295.
- BOUSSOFIANE, A., R. G. DYSON y E. THANASSOULIS (1991): «Applied Data Envelopment Analysis», *European Journal of Operational Research*, 15 (5), págs. 1-15.
- BREU, T. M. y R. L. RAAB (1994): «Efficiency and perceived quality of the nation's top 25 national universities and national liberal arts colleges: an application of Data Envelopment Analysis to higher education», *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 28, núm. 1, págs. 33-45.
- CALVERT, J. R. (1980): *The measurement of performance in higher education*, Loughborough, Reino Unido, Department of Management Studies, Loughborough University of Technology, [tesis doctoral].
- CARMICHAEL, H. L. (1988): «Incentive in academics: why is there tenure?», *Journal of Political Economy*, 96 (3), págs. 453-472.
- CAVE, M. *et al.* (1991): *The use of performance indicators in higher education: a critical analysis of developing practice*, Londres, Jessica Kingsley Publishers.
- CHAMBERS, R. G. (1988): *Applied production analysis. A dual approach*, Cambridge, Cambridge University Press.
- CHARNES, A. y W. W. COOPER (1985): «Preface to topics in Data Envelopment Analysis», *Annals of Operations Research*, 2, págs. 59-94.
- W. W. COOPER y E. RHODES (1978): «Measuring the efficiency of decision making units», *European Journal of Operational Research*, 2, págs. 429-444.
- W. W. COOPER y E. RHODES (1979): «Short communication: measuring the efficiency of decision making units», *European Journal of Operational Research*, 34 (4), págs. 339-339.
- W. W. COOPER y E. RHODES (1981): «Evaluating program and managerial efficiency: an application of Data Envelopment Analysis to program follow through», *Management Science*, 27 (6), págs. 668-697.
- W. W. COOPER y R. M. THRALL (1991): «A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in Data Envelopment Analysis», *Journal of Productivity Analysis*, 2, 3, págs. 197-237.
- *et al.* (1985): «Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions», *Journal of Econometrics*, 30, págs. 91-107.
- *et al.* (1990): «Polyhedral Cone-Ratio DEA models with an illustrative application to large commercial banking», *Journal of Econometrics*, 46, págs. 73-91.
- *et al.* (1994): *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications*, Nueva York, Kluwer Academic Publishers.
- CHRISTIANSEN, L., D. JØRGENSEN y L. LAU (1971): «Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function», *Econometrica*, 39 (4), julio, págs. 255-256.
- D. JØRGENSEN y L. LAU (1973): «Transcendental logarithmic production frontiers», *Review of Economics and Statistics*, 55 (1), febrero, págs. 28-45.
- COHN, E. y S. D. MILLMAN (1975): *Input-output analysis in public education*, Cambridge, Ballinger Publishing Company.
- y M. C. SANTOS (1986): «University as multi product firms: economies of scale and scope», Department of Economics, University of South Carolina, [mimeo.].
- S. RHINE y M. SANTOS (1989): «Institutions of higher education as multi-product firms: economies of scale and scope», *Review of Economics and Statistics*, 71, págs. 284-290.

- COLLINS, J. N. y B. T. DOWNES (1977): «The effects of size on the provision of public services: the case of solid waste collection in smaller cities», *Urban Affairs Quarterly*, marzo, págs. 333-347.
- CONSEJO DE UNIVERSIDADES (1996): *Guía de Evaluación del Plan Nacional de Evaluación de la Calidad de las Universidades*, Madrid, Consejo de Universidades, Secretaría General.
- CVCP [Committee of Vice-Chancellors and Principals] (1985): *Report of the Steering Committee for Efficiency Studies in Universities* (Jarrat Report), Londres.
- DEBREU, G. (1951): «The coefficient of resource utilization», *Econometrica*, 19 (3), julio, págs. 273-292.
- DENISON, E. F. (1962): *The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us*, Nueva York, Estudio del Committee for Economic Development.
- (1967): *Why growth rates differ post-war experience in nine western countries*, Washington, DC, The Brookings Institution.
- DEPRINS, D., L. SIMAR y H. TULKENS (1984): «Measuring labor efficiency in post offices», en M. Marchand, P. Pestieau y H. Tulkens (eds.): *The performance of public enterprises: concepts and measurement*, North-Holland, Elsevier Science Publishers, págs. 243-267.
- DIAMOND, A. M. (1989): «The core journals of economics», *Current Contents*, 21 (1), págs. 4-11.
- DIEWERT, W. E. (1982): «Duality approaches to microeconomic theory», en K. J. Arrow y M. D. Intriligator: *Handbook of Mathematical Economics*, vol. II, North-Holland, Amsterdam.
- DOR, A. (1989): «The costs of medicare patients in nursing homes in the United States: a multiple output analysis», *Journal of Health Economics*, 8, págs. 253-270.
- DOYLE, J. R. y A. J. ARTHURS (1995): «Judging the quality of research in business schools: the UK as a case study», *Omega International Journal of Management Science*, vol. 23, núm. 3, págs. 257-270.
- *et al.* (1996): «The judge, the model of the judge, and the model of the judged as judge: analyses of the UK 1992 research assessment exercise data for business and management studies», *Omega International Journal of Management Science*, vol. 24, núm. 1, págs. 13-28.
- DYSON, R. G. y E. THANASSOULIS (1988): «Reducing weight flexibility in Data Envelopment Analysis», *Journal of Operational Research Society*, 39 (6), págs. 563-576.
- E. THANASSOULIS y A. D. ATHANASSOPOULOS (1994): «Weights restrictions, value ratios and production possibility frontiers in Data Envelopment Analysis (DEA)», *Warwick Working Paper*, núm. 97.
- ELTON, L. (1987): «UGC resource allocation and the assessment of teaching quality», *Higher Education Review*, vol. 19, núm. 2, primavera, págs. 9-17.
- FÄRE, R. (1986): «Addition an efficiency», *Quarterly Journal of Economics*, CI (4), págs. 861-865.
- (1988): *Fundamentals of production theory*, Heidelberg, Springer-Verlag.
- y S. GROSSKOPF (1983a): «Measuring congestion in production», *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 43, págs. 257-271.
- y S. GROSSKOPF (1983b): «The structure of technical efficiency», *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 85, págs. 181-190.
- y C. A. K. LOVELL (1978): «Measuring the technical efficiency of production», *Journal of Economic Theory*, núm. 19, págs. 150-162.

- FÄRE, R., S. GROSSKOPF y C. A. K. LOVELL (1984): «The structure of technical efficiency», en F. R. Forsund: *Topics in Production Theory*, Londres, The Macmillan Press.
- S. GROSSKOPF y C. A. K. LOVELL (1985): *The measurement of efficiency of production*, Boston, Kluwer Nijhoff Publishing.
- S. GROSSKOPF y C. A. K. LOVELL (1988): «An indirect approach to the evaluation of producer performance», *Journal of Public Economics*, 37, págs. 71-89.
- S. GROSSKOPF y C. A. K. LOVELL (1994): *Production frontiers*, Cambridge, Cambridge University Press.
- FARRELL, M. J. (1957): «The measurement of efficiency productive», *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A, 120, págs. 253-266.
- FISHER, R. A. (1936): «The use of multiple measurements in taxonomic problems», *Annals of Eugenics*, 7, págs. 179-188.
- FREEMAN, R. B. (1975): «Demand for labor in a nonprofit market: university faculty», en D. S. Princeton (ed.): *Labor in the public and non profit sectors*, New Jersey, Princeton University Press.
- FREIXAS, X., R. GUESNERIE y J. TIROLE (1985): «Planning under incomplete information and the ratchet effect», *Review of Economic Studies*, vol. LII, págs. 173-191.
- FRIED, H., C. A. K. LOVELL y S. SCHMIDT (1993): *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications*, Oxford University Press.
- FUENTE MORENO, Á. DE LA (1995): «A note on incentives and researcher productivity in Spanish public institutions», *Investigaciones Económicas*, vol. XIX (2), mayo, págs. 291-299.
- GANLEY, J. A. y J. S. CUBBIN (1992): *Public sector efficiency measurement. Applications of Data Envelopment Analysis*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- GETZ, M., J. J. SIEGFRIED y H. ZHANG (1991): «Estimating economies of scale in higher education», *Economics Letters*, vol. 37, núm. 2, págs. 203-208.
- GIBBONS, J. D. (1990): «US institutional representations on editorial boards of US statistics journals», *American Statistician*, 44, agosto, págs. 210-213.
- y M. FISH (1991): «Rankings of Economics faculties and representation on editorial boards of top journals», *Journal of Economic Education*, vol. 22, núm. 4, págs. 361-372.
- GLASS, J. C., D. G. MCKILLOP y N. HYNDMAN (1995): «Efficiency in the provision of university teaching and research: an empirical analysis of UK universities», *Journal of Applied Econometrics*, vol. 10, págs. 61-72.
- GLENN, N. y W. VILLEMEZ (1970): «The productivity of sociologists at 45 american universities», *American Sociologists*, vol. 5, págs. 224-252.
- GOLANY, B. (1988): «A note on including ordinal relations among multipliers in Data Envelopment Analysis», *Management Science*, vol. 34, núm. 8, agosto, págs. 1029-1033.
- GONG, B. H. y R. C. SICKLES (1992): «Finite sample evidence on the performance of stochastic frontiers and Data Envelopment Analysis using panel data», *Journal of Econometrics*, 51, págs. 259-284.
- GONZÁLEZ-PÁRAMO, J. M. (1994): «Gasto social y crecimiento en el Estado de Bienestar», *Hacienda Pública Española*, Monografías, núm. 2 (xxv aniversario), págs. 135-153.
- GRAMLICH, E. M. y G. A. GREENLEE (1993): «Measuring teaching performance», *The Journal of Economic Education*, vol. 24, núm. 1, págs. 3-13.
- GRAVES, P., J. MARCHAND y R. THOMPSON (1982): «Economics departmental rankings: research incentives, constraints and efficiency», *American Economic Review*, 72 (5), págs. 1131-1141.

- GROOT, H. DE, W. McMAHON y F. VOLKWIN (1991): «The cost structure of american research universities», *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXIII, núm. 3, agosto, págs. 424-431.
- GROSSKOPF, S. (1986): «The role of the reference technology in measuring productive efficiency», *Economic Journal*, 96, págs. 499-513.
- y V. VALDMANIS (1987): «Measuring hospital performance: a non-parametric approach», *Journal of Health Economics*, 6, págs. 89-107.
- HANUSHEK, E. A. (1979): «Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions», *The Journal of Human Resources*, 14 (3), págs. 351-388.
- (1986): «The economics of schooling: production and efficiency in public schools», *Journal of Economic Literature*, 24 (septiembre), págs. 1141-1177.
- HARBERGER, A. (1954): «Monopoly and resource allocation», *American Economic Review*, 44 (2), págs. 77-87.
- HARE, P. y G. WYATT (1988): «Modelling the determination of research output in British universities», *Research Policy*, vol. 17, núm. 6, págs. 315-328.
- y G. WYATT (1992): «Economics of academic research and its implications for higher education», *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 8, núm. 2, págs. 48-66.
- HSHAO, C. (1986): *Analysis of panel data*, Cambridge University Press.
- INE [INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA] (1991): *Encuesta sobre el Empleo del Tiempo del Profesorado Universitario*, Madrid.
- INTRILIGATOR, M. D. y B. L. R. SMITH (1966): «Some aspects of the allocation of scientific effort between teaching and research», *American Economic Review*, vol. LVI, núm. 2, mayo, págs. 494-518.
- JOHNES, G. (1988): «Determinants of research output in Economics departments in British universities», *Research Policy*, núm. 17, págs. 171-178.
- (1990): «Measures of research output: university departments of Economics in the UK, 1984-1988», *Economic Journal*, vol. 100, junio, págs. 556-560.
- (1992): «Performance indicators in higher education: a survey of recent work», *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 8, núm. 2, págs. 19-34.
- (1995): «Scale and teaching efficiency in the production of economic research», *Applied Economics Letters*, 2, págs. 7-11.
- y J. JOHNES (1993): «Measuring the research performance of UK economics departments: an application of Data Envelopment Analysis», *Oxford Economic Papers*, 45, págs. 332-347.
- JOHNES, J. (1990a): «Determinants of student wastage in higher education», *Studies in Higher Education*, 15, págs. 87-99.
- (1990b): «Unit costs: some explanations of the differences between UK universities», *Applied Economics*, 22, págs. 853-862.
- y G. JOHNES (1995): «Research funding and performance in UK university departments of Economics: a frontier analysis», *Economics of Education Review*, vol. 14, núm. 3, págs. 301-314.
- y J. TAYLOR (1987): «Degree quality: an investigation into differences between UK universities», *Higher Education*, 16, págs. 581-602.
- y J. TAYLOR (1989): «Undergraduate non-completion rates: difference between UK universities», *Higher Education*, vol. 15, núm. 3, págs. 209-225.
- y J. TAYLOR (1990): *Performance indicators in higher education*, Oxford, Oxford University Press.

- KATZ, D. A. (1973): «Faculty salaries, promotion, and productivity at a large university», *American Economic Review*, 63 (3), págs. 469-477.
- KITTELSEN, S. y F. FÖRSUND (1992): «Efficiency analysis of Norwegian district courts», *Journal of Productivity Analysis*, 3 (3), págs. 277-306.
- KNORR, K. D. *et al.* (1979a): «Leadership and group performance: a positive relationship in academic research units», en F. M. Andrews: *Scientific productivity. The effectiveness of research groups in six countries*, Cambridge-París, Cambridge University Press-UNESCO.
- *et al.* (1979b): «Individual publication productivity as a social position effect in academic and industrial research units», en F. M. Andrews: *Scientific productivity. The effectiveness of research groups in six countries*, Cambridge-París, Cambridge University Press-UNESCO.
- KOOPMANS, T. C. (1951): *Activity analysis of production and allocation*, New Haven, Yale University Press.
- KYVIK, S. (1991): *Productivity in Academia. Scientific publishing at Norwegian universities*, Oslo, Norwegian University Press.
- LABAND, D. N. (1985): «An evaluation of 50 ranked economics departments by quantity and quality of faculty publications and graduate student placement and research success», *Southern Economic Journal*, 52, págs. 216-240.
- y M. J. PIETTE (1994): «The relative impacts of Economics journals: 1970-1990», *Journal of Economic Literature*, vol. xxxii, págs. 640-666.
- LAND, K. C., C. A. K. LOVELL y S. THORE (1993): «Chance-constrained Data Envelopment Analysis», *Managerial and Decision Economics*, vol. 14, núm. 6, págs. 541-554.
- LAWANI, S. M. (1986): «Some bibliometric correlates of quality in scientific research», *Scientometrics*, vol. 9, núm. 1, págs. 13-25.
- LEIBENSTEIN, H. (1966): «Allocative efficiency versus X efficiency», *American Economic Review*, 56, págs. 392-415.
- LEVIN, H. (1974): «Measuring the efficiency in educational production», *Public Finance Quarterly*, 2, págs. 3-24.
- (1976): «Concepts of economic efficiency and educational production», en J. T. Froomkin, D. T. Jamison y R. Radner (eds.): *Education as a industry*, Cambridge, MA, Ballenger Publishing Company, págs. 149-190.
- LEWIN, A. Y. y R. C. MOREY (1981): «Measuring the relative efficiency and output potential of public sector organizations: an application of Data Envelopment Analysis», *International Journal of Policy Analysis and Information Systems*, 5 (4), págs. 267-285.
- LIEBOWITZ, S. J. y J. P. PALMER (1984): «Assessing the relative impacts of economics journals», *Journal of Economic Literature*, vol. xxii, págs. 77-88.
- LOVELL, C. A. K. (1993): «Production frontiers and productive efficiency», en H. Fried, C. A. K. Lovell y S. Schmidt (eds.): *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*, Nueva York, Oxford University Press.
- y J. T. PASTOR (1996): «Radial DEA models without inputs or without outputs», [mimeo.].
- y P. SCHIMDT (1987): «A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency», en A. Drogamaci y R. Färe: *Applications of modern production theory: efficiency and productivity*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- L. WALTERS y L. WOOD (1994): «Stratified models of education production: using modified DEA and regression analysis», en A. Charnes *et al.* (eds.): *DEA, theory, methodology and applications*, Boston, Kluwer Academic Publishers, págs. 329-351.



- MADDEN, G., S. SAVAGE y S. KEMP (1997): «Measuring public sector efficiency: a study of Economics departments at Australian universities», *Education Economics*, vol. 5, núm. 2, págs. 153-167.
- MARTÍNEZ, M. (2000): *La evaluación de la eficiencia técnica en las instituciones de educación superior: una aplicación del Análisis Envoltante de Datos*, abril, 2000, Universidad Complutense de Madrid, [tesis doctoral].
- MILGROM, P. y J. ROBERTS (1992): *Economics, organization and management*, Englewood-Cliffs, Nueva Jersey, Prentice Hall.
- MURNAME, R. J. y R. R. NELSON (1984): «Production and innovation when techniques are tacit», *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5, págs. 353-373.
- NEEDHAM, D. (1978): «Student effort, learning and course evaluation», *Journal of Economics Education*, 10 (1), otoño, págs. 35-43.
- NORMAN, M. y B. STOKER (1991): *Data Envelopment Analysis. The assessment of performance*, Chichester, Reino Unido, John Wiley & Sons.
- NUNAMAKER, T. (1985): «Using DEA to measure the efficiency of industrial organization: a critical evaluation», *Manage. Decis. Econ.*, 6, págs. 50-58.
- OATES, W. E. y R. E. QUANDT (1970): «The effectiveness of graduate students as teachers of principles of Economics», *Journal of Economics Education*, 1 (2), primavera, págs. 130-138.
- OCDE [ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO] (1994): *Frascati Manual 1993*, París, Servicio de Publicaciones de la OCDE.
- OLESEN, O. B. y N. C. PETERSEN (1991): «Collinearity in Data Envelopment Analysis: an extended facet approach», Documento de trabajo núm. 1/1991, Dinamarca, Department of Management, Odense University.
- y N. C. PETERSEN (1995): «Chance constrained efficiency evaluation», *Management Science*, vol. 41, núm. 3, marzo, págs. 442-457.
- OSBORNE, D. y T. GAEBLER (1992): *Reinventing government. How the entrepreneurial spirit is transforming the public sector*, Nueva York, Addison-Wesley.
- PAARDEKOOPER, C. M. M. y A. A. J. SPEE (1990): «A government perspective on quality assessment in Dutch higher education», en L. C. J. Goedegebuure, P. A. M. Maassen y D. F. Westerheijden (eds.): *Peer review and performance indicators*, Utrecht, Uitgeverij Lemma.
- PANZAR, J. C. y R. D. WILLIG (1981): «Economies of scope», *American Economic Review*, 71 (2), págs. 268-272.
- PEDRAJA CHAPARRO, F. y J. SALINAS JIMÉNEZ (1995): *Análisis de la eficiencia de la tutela judicial: aplicación del Análisis Envoltante de Datos a la jurisdicción contencioso administrativa*, Documento de trabajo, Bilbao, Fundación BBV.
- J. SALINAS JIMÉNEZ y P. SMITH (1994): «La restricción de las ponderaciones en el Análisis Envoltante de Datos: una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia», *Investigaciones Económicas*, 18 (2), págs. 365-380.
- PHILLIPS, D., A. RAVINDRAN y J. SOLBERG (1976): *Operations research: principles and practice*, Nueva York, Wiley.
- PINA MARTÍNEZ, V. y L. TORRES PRADAS (1995): «Evaluación del rendimiento de los departamentos de Contabilidad de las universidades españolas», *Hacienda Pública Española*, 135, págs. 183-190.
- PITT, M. M. y L. LEE (1981): «The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry», *Journal of Development Economics*, 9, págs. 43-64.

- PRIOR, D. (1996): «Technical efficiency and scope economies in hospitals», *Applied Economics*, 28, págs. 1295-1301.
- RAPAPORT, A. (1970): *N-Person game theory*, Ann Arbor, MI, University of Michigan Press.
- RHODES, E. (1978): *Data Envelopment Analysis and related approaches for measuring efficiency of decision-making units with an application to program follow-through in us Education*, School of Urban and Public Affairs, Carnegie-Mellon University, [tesis doctoral].
- y L. SOUTHWICK (1986): «Determinants of efficiency in public and private universities», Documento de trabajo, enero, School of Environmental and Public Affairs, Indiana University.
- ROLL, Y. y B. GOLANY (1993): «Alternate methods of treating factor weights in DEA», *Omega International Journal of Management Science*, vol. 21, núm. 1, págs. 99-109.
- W. D. COOK y B. GOLANY (1991): «Controlling factor weights in Data Envelopment Analysis», *IIE Transactions*, vol. 23, núm. 1, marzo, págs. 2-9.
- SAN SEGUNDO, M. J. (1989): «Las posibilidades de competencia entre las universidades públicas», *Economía Pública*, núm. 3, págs. 109-123.
- SANZ, E. *et al.* (1997): «La investigación española en Economía a través de las publicaciones nacionales e internacionales en el periodo 1990-1994», Actas Congreso RICTES, [mimeo.].
- SARAFOGLOU, N. y K. E. HAYNES (1996): «University productivity in Sweden: a demonstration and explanatory analysis for economics and Business Programs», *Annals of Regional Science*, 30, págs. 285-304.
- SARRICO, C. S. (1998): *Performance measurement in UK universities: bringing in the stakeholders' perspectives using Data Envelopment Analysis*, University of Warwick, [tesis doctoral].
- *et al.* (1997): «Data Envelopment Analysis and university selection», *Journal of the Operational Research Society*, 48, págs. 1163-1177.
- SCHMIDT, P. (1986): «Frontier production functions», *Econometric Reviews*, 4 (2), págs. 289-328.
- y R. C. SICKLES (1984): «Production frontiers and panel data», *Journal of Business and Economic Statistics*, 2, págs. 367-374.
- SEIFORD, L. M. y R. M. THRALL (1990): «Recent developments in DEA. The mathematical programming approach to frontier analysis», *Journal of Econometrics*, 46, págs. 7-38.
- SENGUPTA, J. K. (1987): «Data Envelopment Analysis for efficiency measurement in the stochastic case», *Computers and Operations Research*, 13, págs. 117-129.
- (1989): *Efficiency analysis by production frontiers. The nonparametric approach*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- (1993): *Econometrics of information and efficiency*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- (1995): *Dynamics of Data Envelopment Analysis. Theory of systems efficiency*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- SEXTON, T. R. (1986): «The methodology of Data Envelopment Analysis», en R. H. Silkman (ed.): *Measuring efficiency: an assessment of Data Envelopment Analysis*, San Francisco, Jossey-Bass Publishers.
- R. H. SILKMAN y A. J. HOGAN (1986): «Data Envelopment Analysis: critique and extensions», en R. H. Silkman (ed.): *Measuring efficiency: an assessment of Data Envelopment Analysis*, San Francisco, Jossey-Bass Publishers.

- SIEGEL, S. y N. J. CASTELLAN (1988): *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*, 2.<sup>a</sup> ed., Singapur, McGraw-Hill International Editions.
- SIEGFRIED, J. J. y F. RENDIGS (1979): «Research on teaching college Economics: a survey», *Journal of Economic Literature*, vol. XVII, septiembre, págs. 923-969.
- y K. J. WHITE (1973): «Financial rewards to research and teaching: a case study of academic economists», *American Economic Review*, 63 (2), mayo, págs. 309-315.
- SIMAR, L. (1992): «Estimating efficiencies from frontier models with panel data: a comparison of parametric, non-parametric and semi-parametric methods with bootstrapping», *The Journal of Productivity Analysis*, vol. 3, núms. 1/2, págs. 171-203.
- (1996): «Aspects of statistical analysis in DEA-type frontier models», *The Journal of Productivity Analysis*, 7, págs. 177-185.
- SINUANY-STERN, Z., A. MEHREZ y A. BARBOY (1994): «Academic departments efficiency via DEA», *Computers Ops. Res.*, vol. 21, núm. 5, págs. 543-556.
- SIZER, J. (1990): «Performance indicators and the management of universities in the UK: a summary of developments with commentary», en F. Dochy *et al.* (eds.): *Management information and performance indicators in higher education: an international issue*, Van Gorcum.
- SMITH, P. y D. MAYSTON (1987): «Measuring efficiency in the public sector», *Omega International Journal of Management Science*, 15 (3), págs. 181-189.
- THANASSOULIS, E. y R. ALLEN (1998): «Simulating weights restrictions in Data Envelopment Analysis by means of unobserved DMUS», *Management Science*, vol. 44, núm. 4, abril, págs. 586-594.
- A. BOUSSOFIANE y R. G. DYSON (1995): «Exploring output quality targets in the provision of perinatal care in England using Data Envelopment Analysis», *European Journal of Operational Research*, 80, 3, págs. 588-607.
- R. G. DYSON y M. J. FOSTER (1987): «Relative efficiency assessments using Data Envelopment Analysis: an application to data on rates departments», *Journal of Operational Research Society*, vol. 38, núm. 5, págs. 397-411.
- THOMPSON, R. G. *et al.* (1986): «Comparative site evaluations for locating a high energy physics lab in Texas», *Interfaces*, 16, págs. 35-49.
- *et al.* (1990), «The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming», *Journal of Econometrics*, núm. 46, págs. 93-108.
- TOMKINS, C. y R. GREEN (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.
- ULLMAN, S. y G. HOLTMAN (1985): «Economies of scope, ownership and nursing home costs», *Quarterly Review of Economics and Business*, 25 (4), págs. 83-94.
- VALDMANIS, V. (1992): «Sensitivity analysis for DEA models. An empirical example using public vs. NFP hospitals», *Journal of Public Economics*, 48, págs. 185-205.
- VERRY, D. W. y B. DAVIES (1976): *University costs and outputs*, Amsterdam, Elsevier.
- y P. R. LAYARD (1975): «Cost functions for University teaching and research», *The Economic Journal*, vol. 85, núm. 337, marzo, págs. 55-74.
- 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*, Salamanca, Universidad de Salamanca, [tesis doctoral].
- WEERT, E. (1990): «A macro analysis of quality assessment in higher education», *Higher Education*, 19, págs. 57-72.

- WEITZMAN, M. (1980): «The ratchet principle and performance incentives», *Bell Journal of Economics*, 11, págs. 302-308.
- WILLIAMSON, O. E. (1975): *Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications*, Nueva York, The Free Press.
- WILSON, P. W. (1995): «Detecting influential observations in Data Envelopment Analysis», *The Journal of Productivity Analysis*, vol. 6, núm. 1, págs. 27-45.
- WONG, Y. H. B. y J. E. BEASLEY (1990): «Restricting weight flexibility in Data Envelopment Analysis», *Journal of the Operational Research Society*, 41, págs. 829-835.



# Índice de cuadros

CUADRO 3.1.	Departamentos de Fundamentos del Análisis Económico .....	75
CUADRO 3.2.	Variables de la función de producción .....	79
CUADRO 3.3.	Estadísticos descriptivos .....	79
CUADRO 3.4.	Regresión de los índices de eficiencia CRS sobre el tamaño de los departamentos.....	85
CUADRO 3.5.	Contraste de Mann-Whitney .....	86
CUADRO 3.6.	Contraste de Kolmogorov-Smirnov.....	87
CUADRO 3.7.	Coefficientes de correlación entre el modelo CRS y VRS ..	87
CUADRO 3.8.	Eficiencia de escala.....	88
CUADRO 3.9.	Índices de eficiencia.....	93
CUADRO 3.10.	Estadísticos descriptivos de los departamentos de Economía eficientes.....	94
CUADRO 3.11.	Estadísticos descriptivos de los departamentos de Economía ineficientes.....	94
CUADRO 3.12.	Frecuencia absoluta de los departamentos eficientes en el grupo de referencia de los departamentos ineficientes.....	98
CUADRO 3.13.	Índices de eficiencia en el modelo de supereficiencia.....	100
CUADRO 3.14.	Grupo de referencia de los departamentos ineficientes.....	102
CUADRO 3.15.	Matriz de ponderaciones del modelo con restricciones en las ponderaciones .....	104
CUADRO 3.16.	<i>Outputs</i> e <i>inputs</i> virtuales e índices de eficiencia.....	105
CUADRO 3.17.	Reducción potencial en los <i>inputs</i> e incremento potencial en los <i>outputs</i> de los departamentos ineficientes.....	107
CUADRO 3.18.	Análisis de sensibilidad.....	110
CUADRO 4.1.	Relación técnica de sustitución entre profesores numerarios y profesores no numerarios.....	120
CUADRO 4.2.	Evaluación de las economías de alcance.....	125
CUADRO 4.3.	Relación entre la antigüedad y la eficiencia de los departamentos .....	128
CUADRO 4.4.	Año de creación de la licenciatura de CC. EE. (rama Económicas) o de Economía .....	130
CUADRO 4.5.	Eficiencia intragrupos y eficiencia del programa.....	131

CUADRO 4.6.	Relación entre los Programas de Doctorado de Calidad y la eficiencia de los departamentos.....	135
CUADRO 4.7.	Estadísticos descriptivos de los departamentos con un Programa de Doctorado de Calidad.....	136
CUADRO 4.8.	Producción de tesis doctorales. Cursos académicos 1995-1996 y 1996-1997.....	138
CUADRO A.1.	Evaluación de la eficiencia en departamentos de universidad.....	147
CUADRO A.2.	Evaluación de la eficiencia en universidades.....	150

# Índice de gráficos

GRÁFICO 1.1.	Eficiencia técnica, eficiencia precio y eficiencia global.....	28
GRÁFICO 1.2.	El Análisis Envolvente de Datos y la frontera eficiente de producción.....	37
GRÁFICO 3.1.	Conjunto de posibilidades de producción y funciones de distancia.....	83
GRÁFICO 3.2.	Histograma de los índices de eficiencia en el modelo con flexibilidad en las ponderaciones..	96
GRÁFICO 3.3.	Histograma de los índices de eficiencia en el modelo con restricciones en las ponderaciones .....	96





# Índice alfabético

- actividades de I + D, 78  
Administraciones Públicas, 19  
agencias públicas, 19, 23, 35, 62, 63  
agente, 68, 126  
AHLBRANDT, R. J., 63n  
AHN, T., 65, 129, 130n, 150c  
AIGNER, D. J., 30n  
ALBI, E., 25n, 133n  
ALCHIAN, A. A., 89n  
algoritmo *Simplex*, 43  
ALI, A. I., 63n  
ALLEN, R., 53n, 58  
Análisis Envolvente de Datos, 23, 33,  
35-37 y g, 38, 53n, 57, 62, 73, 81, 90, 97,  
100, 103, 109, 117, 118, 121, 141  
— microeconómico, 23  
— de regresión, 32  
— de sensibilidad, 73, 109, 110 y c  
ANDERSEN, P., 97, 99, 149c  
antigüedad del departamento, 129, 143  
área de conocimiento, 74, 75c, 76, 77, 116  
ARROW, K. J., 24  
asignación de los recursos, 20, 132  
asimetrías de información, 25  
ATHANASSOPOULOS, A., 58
- BANKER, R., 34n, 35n, 51, 80, 81, 86n  
BARROW, M., 25n  
BEASLEY, J. E., 42, 54, 56, 90n, 92, 147c  
BELL, J. G., 115  
BESSENT, A. M., 54n  
BORDONS, M., 90  
BOUSSOFIANE, A., 53, 55n, 80, 98
- CARMICHAEL, H. L., 114  
CASTELLAN, N. J., 86  
categoría docente, 71, 114, 116  
CAVE, M., 66, 69, 127n
- Centro de Información y Documentación  
Científica del CSIC, 78n  
CES (*Constant Elasticity Substitution*), 31, 32 y n  
CHAMBERS, R. G., 26n  
CHARNES, A., 35, 36, 37n, 39, 40, 41, 42, 46,  
48, 51, 54n, 63, 65, 81, 129, 130n  
CHRISTIANSEN, L., 32  
CHU, S. F., 30n  
claustro de la Universidad, 76  
Cobb-Douglas, Función de producción, 32 y  
n, 58, 90  
coeficiente de asimetría, 97 y n  
— de correlación, 70n, 85, 87  
— de curtosis, 97 y n  
combinación lineal, 29, 33, 38, 61, 101  
— — convexa, 101  
comisión de docencia, 69n  
Comisión Interministerial de Ciencia y  
Tecnología, 127  
— Nacional Evaluadora de la Actividad  
Investigadora, 69  
competencia perfecta, 20, 24, 132  
Comunidad Económica Europea, 127  
conjunto de posibilidades de producción, 33,  
58, 81, 83 y g, 92  
Constitución de 1978, 19  
contrastes no paramétricos, 84  
contratos de incentivos óptimos, 114  
convexidad, 33, 38, 92  
COOK, W. D., 56  
COOPER, W. W., 35, 36, 37n, 35, 39, 40-42, 46,  
48, 51, 54n, 63, 65, 81, 129, 130n  
coste por alumno, 67n  
— medio, 67n  
— mínimo, 24  
— de oportunidad, 67n, 117  
— de producción, 29  
crecimiento económico, 20  
cuasirrentas, 117  
CUBBIN, J. S., 32, 36

- datos de panel, 31*n*, 34*n*
- DE LA FUENTE, *véase* FUENTE, DE LA
- DEBREU, G., 26, 27
- Decision Making Unit*, 35*n*
- Decreto del 12 de abril de 1991 del Consejo de Ministros, 70*n*
- déficit público, 19
- DEMSETZ, H., 89*n*
- DENISON, E. F., 20
- departamentos universitarios, 65, 74 y *n*, 76, 77, 79*n*, 84, 113, 128, 142
- DIEWERT, W. E., 26*n*
- dimensiones libres, 80*n*, 111, 124, 131*n*
- Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica, 139
- distribución normal, 95, 96, 97 y *n*
- de probabilidad, 36, 85
- de los residuos, 36
- seminormal, 30*n*
- DOR, A., 121
- DOYLE, J. R., 90*n*
- DYSON, R. G., 53, 55*n*, 58, 63*n*, 80, 98, 104
- Economía del Bienestar, 20, 24, 132
- de la Educación, 65, 66
- economías de alcance, 89, 120, 121 y *n*, 123, 124, 125 y *c*, 126, 143
- de escala, 48, 120
- educación, 19, 20, 23, 61-63, 65, 66 y *n*, 67, 70, 77, 79, 109, 113, 120, 123, 126, 133, 134, 138*c*, 141, 142, 143
- superior, 20, 23, 61-63, 65, 66*n*, 67, 70, 77, 109, 113, 120, 141, 142
- efecto trinquete*, 69 y *n*
- eficiencia asignativa, 24, 62
- cruzada, 98
- de escala, 49, 50, 85, 88 y *c*
- de gestión, 129, 130 y *n*
- global, 23, 24, 28*g*, 29, 62
- *graph*, 82
- en el intercambio, 24
- intragrupos, 130, 131 y *c* y *n*
- precio, 27, 28 y *g*, 29
- en la producción, 23, 24
- del programa, 130 y *n*, 131*c*
- técnica, 20, 24-27, 28 y *g*, 29, 33, 38, 39, 47, 49, 61, 62, 65, 73, 84, 88, 137, 142
- elasticidad de sustitución de los factores, 31, 32
- empleo vitalicio, 114, 115
- Encuesta sobre el Empleo del Tiempo del Profesorado Universitario, 71
- encuesta de opinión, 69*n*
- enfoque no paramétrico, 33
- paramétrico, 30, 31, 32
- equilibrio competitivo, 24
- errores de especificación, 33, 35
- estadísticos descriptivos, 79*c*, 94 y *c*, 135, 136 y *c*
- factor de impacto, 66, 76, 78, 91, 141
- factores productivos, 21, 25, 27-29, 38, 39, 53, 81, 82, 113
- FÁRE, R., 26, 81*n*, 82, 121*n*
- FARRELL, M. J., 27-29, 30 y *n*, 33*n*, 35, 39, 40*n*, 48*n*, 92
- flexibilidad en las ponderaciones, 56, 73, 92, 95, 96*g*
- FÖRSUND, F., 121*n*
- FOSTER, M. J., 63*n*, 104
- FREEMAN, R. B., 115, 116
- FRIED, H., 34
- frontera de posibilidades de producción, 31, 37*n*, 38, 47, 118, 142
- FUENTE, Á. DE LA, 68
- fuerte disponibilidad de factores, 81*n*
- — de productos, 81*n*
- función de costes, 26*n*
- de producción, 25, 26 y *n*, 29, 30 y *n*, 31, 32 y *n*, 33, 38, 40 y *n*, 48, 53, 58, 61, 62, 65-67, 70, 71, 73, 76, 77, 79 y *c*, 90, 92, 109, 110, 117 y *n*, 124, 136
- — multiproducto, 40 y *n*
- funciones de distancia, 81, 82, 83*g*
- hiperbólicas, 82
- Fundamentos del Análisis Económico, 73, 74 y *n*, 75*c*
- GAEBLER, T., 67
- GANLEY, J. A., 32, 36
- gasto público, 19
- gestión pública, 19, 63
- GOLANY, B., 53*n*, 56, 58
- GONG, B. H., 35 y *n*
- GONZÁLEZ-PÁRAMO, J. M., 133*n*
- grados de libertad, 31, 32, 77
- GREEN, R., 38, 65, 148*c*

- GROSSKOPF, S., 26, 50n, 63n, 82  
 grupos de interés, 132  
 — de referencia, 34, 39, 44, 59, 60, 61, 97, 98c, 100, 101, 102 y c
- HARBERGER, A., 24  
 HARE, P., 89  
 HAYNES, K. E., 74, 78, 91, 148c  
 hiperplano, 118, 119  
 histograma, 95, 96g  
 HOGAN, A. J., 33n, 97, 98, 111n  
 HOLTSMANN, G., 121n  
 homogeneidad, 37, 73  
 HSIAO, C., 31n
- incentivos, 25, 68, 69, 114, 115, 117, 126, 127n, 141  
 índice de eficiencia, 27n, 28, 37n, 38, 39, 41, 44, 45-48, 52, 54, 57, 59, 80, 88, 93c, 100, 104, 119, 132n  
 INE (Instituto Nacional de Estadística), 71, 85n  
 ineficiencia X, 25  
 información perfecta, 24  
*input* virtual, 41, 103, 104, 105c  
 inversión en capital humano, 114  
 investigación científica, 20, 124, 127, 139 y n  
 ISOC, 78n  
 isocoste, 28  
 isocuanta, 27 y n, 28, 29
- JOHNES, G., 65, 67, 71, 90, 91, 147c  
 JOHNES, J., 65, 67, 71, 90, 91  
 JORGENSON, D., 32
- KITTELSEN, S., 121n  
 KNORR, K. D., 89  
 Kolmogorov-Smirnov, 86 y n, 87 y c  
 KOOPMANS, T. C., 26, 27  
 KYVIK, S., 80n
- LAND, K. C., 34n  
 LAU, L., 32  
 LAWANI, S. M., 90  
 LEE, L., 31  
 LEIBENSTEIN, H., 25, 26n  
 LEWIN, A. Y., 41, 42  
 Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación, 127  
 — de Reforma Universitaria, 69, 74, 127
- libre disponibilidad de *inputs*, 33, 117  
 — — de *outputs*, 33, 117  
 LÓPEZ CASASNOVAS, G., 133n  
 LOVELL, C. A. K., 26, 30n, 31n, 34 y n, 63n, 74n, 82
- Mann-Whitney, 86 y c  
 marco institucional, 66, 70, 127, 129, 143  
 MARTÍNEZ, M., 59, 108n  
 maximización del beneficio, 62  
 MAYSTON, D., 97  
 mecanismos de *screening*, 132  
 medición del desempeño, 114  
 medida radial, 26, 27n, 57, 93  
 mejor práctica técnica, 30n  
 Memorias de Investigación, 77  
 mercados completos, 24  
 — laborales, 115  
 método Simplex, 119  
 MILGROM, P., 68, 126  
 Ministerio de Educación, 79, 133, 134, 138c, 143  
 modelos BCC, 36, 48-51, 147c, 150c  
 — CCR, 40, 42-45, 50, 51, 53, 74n, 87, 147c, 148c, 149c, 150c, 151c  
 — DEA, 20, 23, 33, 34 y n, 35 y n, 36, 38, 39, 46n, 51-53, 54n, 55, 57-59, 61, 63, 73, 80, 81, 89, 90, 97n, 99, 110c, 111n, 119  
 — — estocásticos, 34 y n  
 — determinísticos de frontera, 30  
 — estocásticos de frontera, 31  
 — con flexibilidad en las ponderaciones, 56, 73, 92, 95, 96g  
 — paramétricos, 35  
 — — estocásticos, 35  
 — de supereficiencia, 97, 99, 100c, 149c  
 MOREY, R. C., 41n, 42n  
 movilidad de los profesores, 71n, 139 y n, 140  
 multiplicadores, 118  
 — óptimos, 118  
 MURNAME, R. J., 62
- NELSON, R. R., 62  
 NORMAN, M., 36  
 NUNAMAKER, T., 34n, 80, 124, 131n

- objetivos de consumo óptimos, 34, 39, 47, 57-60, 73, 93, 106, 108, 142
- de producción óptimos, 34, 39, 47, 57-60, 73, 93, 106, 108, 142
- observaciones atípicas, 33
- OLESEN, O. B., 34*n*, 54*n*, 149*c*
- optimalidad paretiana, 132
- optimización matemática, 40
- OSBORNE, D., 67
- outliers*, 52, 99
- output* virtual, 41, 56
- PAARDEKOOPER, C. M. M., 67
- PANZAR, J. C., 120
- Pareto, 23, 24
- PASTOR, J. C., 74*n*
- PEDRAJA, F., 52, 53, 57, 63*n*, 90
- peer review*, 67
- perturbación aleatoria, 31
- PETERSEN, N. C., 34*n*, 54*n*, 97, 149*c*
- PHILLIPS, D., 43
- PITT, M. M., 31*n*
- Plan Nacional de i + d, 127
- policy-maker*, 92
- políticas educativas, 141
- óptimas de contratación, 114
- de promoción, 114
- públicas, 21, 113, 127, 128, 142, 143
- ponderaciones, 34, 40, 41, 42*n*, 51, 52, 53 y *n*, 54 y *n*, 55-61, 73, 80, 89, 90 y *n*, 91-95, 96*g*, 97-103, 104 y *c*, 108*n*, 118, 119, 124, 131, 147*c*, 149*c*, 151*c*
- precios, 24, 27, 28, 54, 62
- presupuesto, 114
- principal, 68, 126
- principio de igualdad de las compensaciones, 126, 142
- producción potencial, 123
- productividad, 68, 69, 84, 89*n*, 91, 114-116, 142
- productividades marginales, 24, 113, 118
- profesores equivalentes a tiempo completo, 78
- no numerarios, 78, 95, 106, 113, 118, 119, 120*c*, 124, 131, 136, 143
- numerarios, 78, 95, 106, 113, 118, 119, 120*c*, 124, 131, 136
- Program Follow-Through*, 63
- Programa de Doctorado de Calidad, 132, 133 y *n*, 135*c* y *n*, 136, 137, 139
- programación lineal, 20, 33, 35, 39, 43, 51, 92, 99, 101
- programas de doctorado, 126, 133, 134, 137, 139 y *n*, 140
- rankings* de calidad, 132
- RAFAPORT, A., 116*n*
- ratio alumnos-profesor, 67*n*, 70 y *n*, 151*c*
- RAVINDRAN, A., 43
- Real Decreto 2360/1984 de 12 de diciembre, 79*n*
- Decreto 1173/1987 de 25 de septiembre, 79*n*
- Decreto 1086/1989 de 28 de agosto, 116*n*
- recursos humanos, 126, 139
- región de confianza, 54
- regresores, 31, 35
- relación marginal de sustitución, 24
- — de transformación, 54, 118
- técnica de sustitución, 54 y *n*, 92, 113, 117-119, 120*c*, 143
- RENDIGS, F., 127*n*
- rendimiento académico, 20, 141
- científico, 20, 141
- económico, 20, 141
- marginal, 68, 69, 126, 127, 142
- social, 20, 141
- rendimientos constantes a escala, 43, 48-51, 53, 83, 85-88, 92
- crecientes a escala, 49, 51
- decrecientes a escala, 49, 51
- variables a escala, 36, 48-50, 83, 85-88
- Resolución de 20 de junio de 1990 del Consejo de Universidades, 69*n*
- de 26 de septiembre de 1994 de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, 133*n*
- de 15 de noviembre de 1995 de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, 133*n*, 134*n*
- de 14 de mayo de 1998 de la Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica, 139*n*

- restricciones en las ponderaciones, 51-53, 54n, 55- 61, 73, 89, 90n, 91-93, 96g, 99, 100, 101, 104c, 108n, 118, 124, 131, 147c, 151c
- técnico-productivas, 58, 90, 95, 108-110, 142
- RHODES, E., 35, 36, 39, 40, 41, 42, 46, 63n, 54n, 63, 129, 151c
- rivalidad, 24
- ROBERTS, J., 68, 126
- ROLL, Y., 53n, 56, 58
- ruido estadístico, 34
- estocástico, 34
- SALINAS, J., 52, 53, 57, 63n, 90
- SAN SEGUNDO, M. J., 20n, 133n
- SANZ, E., 90 y n
- SARAFLOU, N., 74, 78, 91, 148c
- SARRICO, C. S., 66
- SCHMIDT, P., 30n, 31n, 34
- Science Citation Index*, 76
- SEATER, J. J., 115
- sector público, 19, 23, 62
- SEIFORD, L. M., 50n, 150c
- SENGUPTA, J. K., 34n, 36, 97n
- SEXTON, T. R., 33n, 97, 98, 111
- SHALE, E., 90n, 151c
- SICKLES, R. C., 31n, 35 y n
- SIEGFRIED, J. J., 69, 127n
- SILKMAN, R. H., 33n, 97, 98, 111n
- SIMAR, L., 34n, 63n, 97n
- simulación de Monte Carlo, 58
- sinergias, 67, 89, 126, 143
- sistema retributivo, 116
- SIZER, J., 67
- SMITH, P., 52, 53, 57, 90, 97
- Social Science Citation Index*, 78
- SOLBERG, J., 43
- SOUTHWICK, L., 63n, 151c
- SPEE, A. A. J., 67
- suma ponderada, 40, 51
- sustituibilidad perfecta de los factores, 38
- técnicas econométricas, 132
- tecnología, 20, 21, 24-26, 30, 32, 35-37, 43, 49, 51, 53, 61, 62, 65, 77, 78, 81-88, 113, 120, 121, 127, 130n, 142, 143
- tecnología productiva, 20, 127, 143
- subyacente, 32, 35
- teorema de la dualidad, 26n
- teoría de la eficiencia pública, 23
- microeconómica, 23, 25, 26, 130n
- de las organizaciones, 128
- del salario de eficiencia, 117
- Tercer Ciclo, 67, 126, 133, 139, 143
- THANASSOULIS, E., 53 y n, 55n, 58, 63n, 80, 98, 104
- THOMPSON, R. G., 53, 54
- THORE, S., 34n
- THRALL, R. M., 50n
- trade off*, 67
- TOMKINS, C., 37, 38, 65, 148c
- TULKENS, H., 63n
- ULLMAN, S., 121n
- Universidad de Alcalá de Henares, 75c, 98, 99, 105, 120n, 135, 137
- de Alicante, 75c, 94, 98, 99, 103, 105, 120n, 125, 135
- Autónoma de Barcelona, 75c, 98, 103, 105, 120n, 125, 135, 137
- Autónoma de Madrid, 75c, 106, 125
- de Barcelona, 74
- de Cantabria, 74, 75c
- Carlos III de Madrid, 75c, 119, 125, 135, 137
- de Castilla-La Mancha, 75c, 129
- Complutense de Madrid, 75c, 125, 135n, 137
- de La Coruña, 75c, 125, 129
- de La Laguna, 75c, 107, 125
- de Málaga, 74
- de Murcia, 75c, 107, 125, 129
- de Oviedo, 75c, 125
- del País Vasco, 75c, 94, 99, 103, 105, 120n, 125, 135
- Pompeu Fabra, 75c, 94, 105, 120n, 125, 129, 135, 139
- Pública de Navarra, 75c, 103, 106, 125, 129
- de Salamanca, 75c, 129
- de Santiago de Compostela, 75c, 107, 125
- de Sevilla, 75c, 106, 125
- de Valencia, 75c, 137
- de Valladolid, 75c, 125, 129
- de Vigo, 75c, 125, 129
- de Zaragoza, 75c, 125, 129, 137

utilidad, 25, 53, 69, 90

VALDMANIS, V., 34*n*

variables de holgura, 27*n*, 37*n*, 44, 47, 48

VIDAL, J., 70*n*, 78, 90

WAGSTAFF, A., 25*n*

WALTERS, L., 63*n*

WILLIAMSON, O. E., 114

WILLIG, R. D., 120

WILSON, P. W., 99

WONG, Y. H. B., 42, 56

WOOD, L., 63*n*

WYATT, G., 89

## Nota sobre el autor

**MARCELINO MARTÍNEZ CABRERA** es licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad de La Laguna (Premio Extraordinario). Máster en Hacienda Pública y Tributación por la Universidad de Alcalá de Henares, es doctor en Economía por la Universidad Complutense de Madrid. Ha sido profesor de Economía Pública en la Universidad Complutense de Madrid y *Visiting Research Fellow* en la Warwick Business School de la Universidad de Warwick (Reino Unido) y en el departamento de Economía de la Universidad de Rochester (Estados Unidos). En la actualidad trabaja en el departamento de Riesgos de una entidad bancaria.





*The aim of this book is to explore the technology of production in institutions of higher learning. It offers empirical evidence about the technical efficiency of Spanish Departments of Economics in the 90's. The methodology used is based on a specialized form of linear programming models, Data Envelopment Analysis (DEA), that can trace efficiency frontiers. The results obtained reveal that it is possible to increase significantly the performance of the departments. They also show those departments with the most efficient productive practices. The assessment of Universities suggests that competition could increase the efficiency and the quality of the services offered, contributing to improved economic and social performance of the university system.*

Esta obra explora en profundidad la tecnología de producción de las universidades. Ofrece evidencia empírica sobre la eficiencia técnica de los departamentos de Economía de las universidades españolas en los años noventa. La metodología seguida se basa en una forma específica de los modelos de programación lineal denominada Análisis Envoltente de Datos (DEA), que permite trazar fronteras de eficiencia. Los resultados obtenidos revelan que es posible incrementar considerablemente la eficiencia de los departamentos, al tiempo que permiten identificar aquéllos con las prácticas productivas más eficientes. La evaluación de las universidades sugiere que la competencia puede incrementar la eficiencia y la calidad de los servicios ofrecidos, contribuyendo así a mejorar el rendimiento económico y social del sistema universitario.

**Eric Hanushek**

Paul and Jean Hanna Senior Fellow  
Hoover Institution  
Stanford University  
Research Associate  
National Bureau of Economic Research

Fundación BBVA

ISBN 84-95163-77-2



9 788495 163776