

IX ENCUENTRO DE ECONOMÍA APLICADA

Jaén, 8-9 y 10 de junio 2006

TÍTULO DE PONENCIA

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS EN ACTIVIDADES DE I + D

AUTORAS:

Dra. Dña. Nuria Rueda López

Universidad San Pablo-CEU y FUNCAS

Dra. Dña. Carmen Calderón Patier

Universidad San Pablo-CEU

Dra. Dña. Begoña Barruso Castillo

Universidad San Pablo-CEU

C/ Julián Romea nº 20 28003 Madrid

Teléfono: 91.5140400

e-mail: n.rueda@ceu.es

e-mail: calder@ceu.es

e-mail: barruso.cee@ceu.es

Resumen:

La investigación científica es la principal fuente de creación de nuevos conocimientos, siendo el eje del proceso de transición hacia una economía basada en el conocimiento. Las políticas de investigación y desarrollo serán esenciales para Europa, y por tanto para España en los años venideros, ya que determinarán si se avanza hacia ese objetivo y la forma de lograrlo. En este contexto, el presente trabajo analizará la eficiencia de uno de los principales agentes protagonistas de este proceso, como son las Universidades Públicas españolas. Para ello se empleará un análisis frontera, más concretamente la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA), que nos permitirá estimar no sólo el volumen de recursos empleados por las mismas en actividades de I+D, sino, y más importante la racionalidad del gasto de los mismos.

Palabras clave: políticas de I+D, eficiencia, análisis envolvente de datos (DEA)

Clasificación JEL: C61, H11, O32

1.- INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una investigación científica puntera y la potenciación de una mano de obra cualificada, son elementos imprescindibles para lograr el desarrollo y crecimiento económico de una nación, y en consecuencia lograr un mayor bienestar social. Es aquí donde la universidad, y sobre todo la de titularidad pública puede y debe desempeñar un papel esencial en este proceso. Los datos así lo manifiestan, en concreto, en la década de los sesenta el porcentaje del PIB destinado a I+D en España era del 0,3%, este porcentaje se ha incrementado hasta el 1,03% en el 2003, y aunque está todavía por debajo de la media de los países de la OCDE (por ejemplo, el gasto medio en la UE es del 2%, en Estados Unidos es del 2,8% y en Japón del 3%), sin duda este incremento en los recursos dedicados a I+D ha beneficiado a las universidades españolas. En el año 2002 el sector de la enseñanza superior ejecutó el 33,1% de los gastos internos en I+D, prácticamente en su totalidad por universidades públicas (95% del total), y empleaba el 55% del total de los investigadores del país.

Ahora bien, la cuantificación de los recursos destinados a I+D es sólo un referente, importante pero insuficiente de la representatividad y calidad de esta política. Debe ser completado con datos que muestren la racionalización en el uso de los recursos y los resultados reales de los mismos, en definitiva, la eficiencia. En esta línea se perfila el presente trabajo donde se realiza un análisis de eficiencia productiva de las universidades públicas española a través de una aproximación frontera, aplicando el Análisis Envolvente de Datos (DEA), que permitirá cuantificar y comparar la eficiencia de las citadas entidades. Las consideraciones finales a modo de conclusiones cierran este trabajo.

2. APLICACIÓN DE UN ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA) PARA CUANTIFICAR LA EFICIENCIA DE LA POLÍTICA DE I + D DE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA ESPAÑOLA

2.1. Muestra y variables seleccionadas

La actividad universitaria engloba, tanto la docencia e investigación llevada a cabo por los profesores, como el conjunto de actividades y servicios desarrollados por una institución universitaria. En consecuencia, en el ámbito de la universidad destacan tres parcelas metodológicamente bien diferenciadas de actividad; a saber: enseñanza, investigación y administración universitaria.

En el caso de la evaluación de la actividad investigadora, objeto de nuestro estudio, se suele recomendar como unidad de análisis las áreas de conocimiento o departamentos cuya actividad principal se desarrolle mayoritariamente en la correspondiente titulación o programa de estudios evaluado. Sin embargo, al no estar disponible la información estadística necesaria para implementar este tipo de estudio para todos los departamentos de todas las universidades públicas, o para un número representativo de las mismas y durante un período relativamente reciente, se ha considerado como unidad productiva la universidad. En este sentido, conviene señalar que en España los estudios más recientes, y de reconocido impacto, sobre la eficiencia de los centros de enseñanza secundaria han elegido también como unidad productiva el centro y no los departamentos o programas. Este es el caso de los trabajos de Mancebón y Bandrés (1999); Muñiz (2002); y Cordero, Pedraja y Salinas (2003) referidos a los centros de secundaria de Zaragoza, Asturias y Extremadura, respectivamente.

No hay duda de que es precisamente la universidad la institución que registra una mayor contribución a la investigación, por lo que resulta de interés conocer su eficiencia en este tipo de actividad. Así según constatan Sanz y Barrios (2003) las universidades obtuvieron durante el período 1996-2001 el 76,55% de los proyectos de investigación competitivos aprobados, con un 66,53% de los fondos otorgados, mientras que el CSIC obtuvo el 22,61% de los fondos, con un 15,55% de los proyectos aprobados¹.

La distinción entre universidades públicas y privadas pone de manifiesto que la actividad investigadora en el sector de la enseñanza superior se realiza mayoritariamente en las universidades públicas. De las 66 universidades incluidas en la Encuesta de I+D del INE correspondiente al año 2001, las 48 universidades públicas realizan el 95,1 % del gasto y agrupan al 95,4% del personal en I+D, cifras que no han variado prácticamente en los últimos años según la Fundación Conocimiento y Desarrollo (2005). Por este motivo, se ha creído oportuno considerar sólo a las universidades públicas, ya que son las que absorben mayoritariamente el gasto destinado a esta partida en I+D. Además, esta manera de proceder asegura el requisito de homogeneidad² de las unidades productivas consideradas, imprescindible para la aplicación del DEA, ya que, en general, comparten una misma tecnología de producción y están sujetas a un idéntico marco institucional.

¹ Por tanto, las Universidades y el CSIC acumulan más del 92% de los proyectos aprobados y más del 89% de la financiación durante el período 1996-2001. Con cantidades menores se encuentran el resto de Organismos Públicos de Investigación (OPI, 2,91%), Otros Organismos Públicos de Investigación (OPU, 4,43%), los Centros Tecnológicos (CTE, 1,40%) y los Organismos Privados de I+D sin ánimo de lucro (OPR, 2,12%).

² Consúltense al respecto Golany y Roll (1989). En un escenario de ausencia de homogeneidad de las entidades productivas evaluadas, los efectos de la falta de la misma podrían confundirse con comportamientos ineficientes.

En este tipo de evaluación, basada en una técnica no paramétrica, resulta de crucial importancia la fase inicial de selección de las variables (y no de la forma funcional) debido, precisamente, a la elevada sensibilidad de los resultados obtenidos (en términos de eficiencia) a las variables incluidas en el análisis. Para llevar a cabo dicha selección ha resultado de gran utilidad revisar la literatura existente sobre el análisis de las actividades realizadas y resultados obtenidos en el ámbito de la educación superior, dentro de la cual la actividad investigadora ocupa un lugar prioritario e indispensable³. En concreto destacan, entre otros, los trabajos de Pérez y Salinas (1998), Pina y Torres (1995), Trillo (2002) y Martínez Cabrera (2003) que evalúan tanto la actividad docente como la investigadora. Por otro lado, los análisis de García Valderrama y Gómez Aguilar (1999) y Castrozeda y Peña (2002) prefieren centrarse únicamente en la actividad investigadora.

Como *output* de la actividad investigadora de estas unidades productivas se ha considerado el número de publicaciones, indicador de uso más generalizado junto con las citas⁴ que éstas reciben. Este indicador permite poner de manifiesto la capacidad científica de las universidades, aunque también presenta limitaciones. Entre ellas cabe destacar que el número de publicaciones está en función de la especialización en las distintas disciplinas científicas que presentan las universidades. Además de las publicaciones, otro indicador del resultado de la investigación universitaria es el número de patentes. A diferencia de las publicaciones, más vinculadas a la capacidad científica, las patentes son un indicador de innovación tecnológica. Dado que el ámbito de nuestro estudio se limita a la actividad de I+D, sin incluir la innovación tecnológica, parece lo más conveniente considerar como *output* exclusivamente la producción científica⁵.

El concepto “producción científica” no debe identificarse con el de “actividad científica” en su conjunto, término mucho más amplio que el primero. En efecto, los estudios bibliométricos sólo son capaces de

³ La elección de las variables ha estado condicionada por dos factores básicos: el ámbito de estudio y la disponibilidad de datos.

⁴ Ofrecen información sobre la relevancia científica o utilidad de la investigación realizada. Al contrario que el número de publicaciones, el número de citas es un indicador parcial de la producción científica total y además es de carácter cualitativo, por lo que se descarta su utilización ya que el objetivo del presente trabajo no es medir la calidad sino la eficiencia (productiva) de las actividades de I+D en las universidades públicas españolas.

⁵ En el caso de la producción tecnológica, la variable a considerar representativa del *output* son las patentes, tanto las solicitadas como las publicadas. El análisis de las patentes universitarias, a diferencia de las patentes empresariales, ha sido objeto de pocos estudios, aunque en los últimos años algunos trabajos han tratado de avanzar en el conocimiento de sus características y de los factores que determinan el crecimiento y la propensión a patentar de las universidades. Las dos vías principales de solicitudes de patentes por residentes en España son, en primer lugar, la solicitud en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) y, en segundo lugar, la solicitud en la Oficina Europea de Patentes (EPO), en la que la protección, en consecuencia, se extiende a los países europeos. La primera confectiona la base de datos CIBEPAT, que contiene datos bibliográficos de documentos de patentes y modelos de utilidad españoles o que designen a España y, la segunda, la EPAT, que informa sobre patentes europeas.

medir y analizar la actividad científica que da lugar a publicaciones, más aún, se restringe de modo casi universal a los artículos en revistas científicas. Y por ello se entiende que la publicación de un artículo en una revista científica refleja el producto final de toda investigación orientada a la generación de nuevos conocimientos, tanto teóricos como aplicados⁶.

La información estadística referida a este output, diferenciado por universidad, se ha obtenido del informe *Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica Española 2004*, publicado en 2005 por la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología. La fuente original de la que se extrae el número de publicaciones es la *Web of Science*, producto desarrollado por *Thomson Scientific*, en el que están disponibles la versión Expanded de la base de datos *Science Citation Index (SCI)* y las otras dos bases de datos relacionadas con las Ciencias Sociales, *Social Science Citation Index (SSCI)* y con las Humanidades (A&H). Además, en dicho informe se ofrece información complementaria relativa a las revistas cubiertas por el *Institute for Scientific Information (ISI)* (durante los años 1995 y 2003), contenidas en el *Journal Citation Report (JCR)* para la versión *Science y Social Science*.

Sin embargo, debido a que la cobertura de la *Web of Science* se centra en las publicaciones recogidas por *Thomson Scientific*, se excluyen los resultados difundidos en fuentes nacionales no incluidas en estas bases de datos, y por tanto, las cifras presentadas se aproximan más a la realidad en el caso de las ciencias básicas y aplicadas que en el de las ciencias sociales, las humanidades y las tecnologías (en estos casos, la información bibliométrica explica sólo de forma parcial la actividad científica realizada, ya que la publicación científica en revistas de circulación internacional no es su *output* principal⁷). En consecuencia, debido a la cobertura informativa de esta base de datos toda la producción científica es de carácter internacional y no es posible diferenciar entre producción nacional⁸ e internacional⁹.

⁶ Un análisis exhaustivo de toda la producción científica exigiría lógicamente contabilizar también el importante número de libros que se publican, así como los informes técnicos, comunicaciones, ponencias en congresos y documentos de trabajo, entre otros, que suelen ser también resultado de la actividad investigadora. Tal pretensión queda fuera de nuestro objetivo por razón de la limitada oferta estadística disponible en este campo. No obstante, hay que tener en cuenta que una parte importante de los libros publicados son manuales (más orientados a la actividad docente) y que, por otro lado, gran parte de las comunicaciones a congresos y documentos de trabajos finalmente son publicados como artículos científicos. Así, el término producción científica es sinónimo en este estudio del número de trabajos publicados en revistas científicas, siendo éste un indicador parcial de la actividad científica total de los investigadores.

⁷ Esta circunstancia es fruto tanto de la propia naturaleza del conocimiento y la metodología utilizada en la investigación humanístico-social, como por el predominio de cuestiones muy vinculadas a espacios histórico-temporales. En este sentido, aproximadamente el 85% de las publicaciones en la parcela de las Ciencias Sociales y Humanidades tiene un carácter nacional. En el caso de las Ciencias Experimentales y Técnicas aproximadamente el 60% de su producción científica tiene carácter internacional.

⁸ En España, El CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas) y el CINDOC (Centro de Información y Documentación Científica) entre otros organismos, se encargan de recoger información estadística sobre la producción nacional en determinadas áreas de conocimiento. Así, por ejemplo, la base de datos bibliográfica ICYT (Ciencia y Tecnología), elaborada por el CSIC recoge información bibliográfica correspondiente a los trabajos publicados en más de 700 revistas científicas españolas de Ciencias Experimentales y Tecnología. De las Ciencias Médicas sólo cubre la Farmacología, Toxicología y Nutrición.

La información estadística la hemos depurado de forma individualizada atendiendo al origen institucional de la misma, considerando únicamente la producción científica generada por las universidades públicas, al ser ésta la unidad productiva objeto de nuestro análisis.

El análisis de la actividad investigadora de las universidades también requiere la utilización de diversos indicadores de *inputs*. Con carácter general la tecnología de producción en este ámbito se caracteriza por la utilización de dos inputs básicos: personal asociado a actividades de I+D y el gasto en actividades de I+D. En cuanto al indicador de personal es habitual hacer la distinción entre “investigadores” y “resto de personal de I+D”¹⁰, tal y como recomienda la OCDE (2003) en el *Manual de Frascati*, donde se proporcionan las definiciones y clasificaciones de I+D aceptadas internacionalmente. La correspondiente información estadística a estas dos categorías de recursos humanos para el conjunto del sector institucional “enseñanza superior” aparece recogida en la *Estadística sobre la Actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico* elaborada por el INE; sin embargo en nuestro país dicho desglose del personal no está disponible de forma individualizada para cada universidad pública.

Otra alternativa de medición de este input consiste en considerar los profesores que pueden catalogarse como investigadores según los criterios del Manual Frascati, diferenciados por categorías, experiencia investigadora o por niveles de dedicación a la investigación¹¹. Una vez más, la inexistencia de oferta estadística en este sentido, obliga a considerar como variable representativa del personal en este tipo de actividad al número de profesores¹², recogido para el conjunto de las universidades públicas en la *Estadística de la Enseñanza Superior en España* que elabora el INE.

⁹ Consúltense al respecto Sarafoglou y Haynes (1996).

¹⁰ En general, bajo la rúbrica de “personal de I+D” se recoge a todo el personal empleado directamente en actividades de I+D así como a los que suministran servicios ligados directamente a los trabajos de I+D, excluyéndose las personas que realizan servicios indirectos. En la cifra total de personal se diferencian dos tipos distintos. En primer lugar, los “investigadores”, definidos como los científicos e ingenieros implicados en la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos y sistemas y en la gestión de los correspondientes proyectos. También se incluye bajo esta categoría a los gerentes y administradores dedicados a la planificación y gestión de aspectos científicos y técnicos, y los estudiantes posgraduados con un salario/beca de estudio que realizan actividades de I+D. En segundo lugar, en la variable “resto de personal” se incluyen los técnicos (que participan en proyectos de I+D realizando tareas científicas y técnicas, pero a diferencia de los investigadores no se encargan de dirigir u orientar las tareas de investigación) y los auxiliares (es decir, los trabajadores, cualificados o no, al personal auxiliar de secretaría y oficina, así como a los gerentes y administradores ocupados principalmente en cuestiones financieras, de gestión de personal y de administración en general).

¹¹ Véase Pérez y Salinas (1998).

¹² En trabajos como el de Sanz y Barrios (2003) se sugieren como indicadores de la capacidad científico-técnica de una universidad el número de “profesores numerarios” (catedráticos y titulares tanto de universidad como de escuela universitaria) y “nuevos doctores” (número de nuevas tesis leídas). Sin embargo, se rechaza en este trabajo considerar sólo estas dos categorías, ya que introduciría un importante sesgo en los datos. En este caso, se estaría ignorando la muy intensa, en algunos casos, actividad investigadora de profesores ayudantes, ayudantes doctores, colaboradores y contratados doctores. En este sentido Smith (1993) demuestra que es preferible incluir variables posiblemente irrelevantes y no sesgar los resultados con la exclusión de variables relevantes del modelo, cuando analiza los efectos sobre la solidez de los resultados al aplicar el DEA con distintos errores de especificación (omisión de variables relevantes, inclusión de variables irrelevantes y supuestos incorrectos sobre los rendimientos de escala) y en relación al tamaño de la muestra, las variaciones en el número de inputs, la correlación entre inputs y las variaciones

El segundo *input* representativo de la actividad universitaria en I+D consiste en el “gasto en actividades de I+D”. El cálculo de esta variable por el INE, que sólo elabora para el conjunto del sector “enseñanza superior”¹³, presenta algunos problemas, a pesar de que sigue en su cálculo las normas internacionales del *Manual Frascati*, ya que su medida requiere determinar el tiempo (y así asignar la parte correspondiente de la retribución), que los profesores universitarios dedican a actividades de investigación¹⁴. Para conocer con exactitud su importe sería necesario que las universidades adoptaran una contabilidad analítica, circunstancia que no se da en la realidad. Por este motivo, se ha considerado más adecuado utilizar una parte muy representativa de este gasto, la “financiación concedida para la ejecución de proyectos de investigación”¹⁵ para cada una de las universidades públicas. En concreto, ya que el objetivo de este trabajo es medir la eficiencia productiva en el ámbito de la investigación universitaria pública, y teniendo en cuenta que es necesario en estos casos utilizar variables físicas, se considera la versión física de dicha financiación; es decir, el “número de proyectos de investigación competitivos” concedidos y financiados. Los datos del número de proyectos para las universidades públicas se han depurado a partir de la información elaborada por Sanz y Barrios (2003)¹⁶.

La ausencia de estadísticas disponibles nos ha impedido utilizar otros inputs adicionales que nos permitan mejorar la caracterización de la función de producción, como es el caso del stock de capital público, distribuido por universidades públicas, destinado a las actividades de I+D.

Una vez seleccionadas las variables, cabe subrayar, tal y como señala Nunamaker (1985), que en la aplicación de esta técnica no paramétrica la sensibilidad de los resultados a las variables seleccionadas se acentúa en las muestras con un tamaño relativamente pequeño. En esta situación el número de entidades calificadas eficientes y los índices de eficiencia son muy sensibles al número de dimensiones libres

en la importancia de los inputs. Más recientemente, Smith (1997) demuestra los importantes sesgos que se generan en las estimaciones de eficiencia con la omisión de inputs relevantes. Por tanto, existen razones metodológicas para considerar el total de profesores ante la ausencia de otro tipo información más ajustada a la realidad sobre el tiempo que dedica en la práctica a la investigación cada categoría de profesor en la universidad pública.

¹³ Consultar la *Estadística de la Enseñanza Superior en España* del INE.

¹⁴ En 1988, el INE llevó a cabo una encuesta en la que se fijó en un 40% el porcentaje de la jornada que los profesores universitarios destinaban a tareas de investigación, para todas las universidades españolas. A partir de 1993, cada universidad establece el porcentaje a aplicar, lo que, aunque supone un avance respecto a la situación anterior, no permite garantizar con absoluta precisión el volumen de gastos en I+D de las universidades.

¹⁵ En concreto, se trata de las subvenciones concedidas por la Dirección General de Investigación para la realización proyectos de investigación competitivos.

¹⁶ Estos autores centran su análisis en los proyectos de I+D que solicitaron y aprobaron en las convocatorias resueltas por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia y Tecnología, o por sus antecesoras en la responsabilidad de financiar la investigación científica, en el período 1996-2001. Los proyectos de I+D aprobados tras los preceptivos procesos de evaluación y selección se imputan al año en que han sido concedidos, a pesar de que el período de vigencia de los mismos sea superior (habitualmente tres años).

registradas¹⁷. Precisamente, para reducir esta flexibilidad Banker et al. (1989) aconsejan que el número de unidades analizadas sea como mínimo tres veces superior al número total de variables¹⁸. Teniendo en cuenta que la evaluación que aquí se realiza considera 48 unidades productivas y 3 variables representativas del proceso productivo (1 output y dos inputs), se cumple con creces la recomendación anterior.

En suma, tal y como refleja el cuadro 1, los datos correspondientes al output e inputs considerados corresponden a la media del período objeto de estudio 1996-2001, evitando así que los resultados obtenidos puedan estar influenciados por la coyuntura económica de un determinado ejercicio¹⁹.

**Cuadro 1: Estadísticos descriptivos de output e inputs
(1996-2001)**

	<i>Media</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Coficiente variación</i>
Producción definitiva	2361,75	2388,634	1,011
Profesores	1647,58	1172,619	0,712
Proyectos	34,47	30,143	0,874

Fuente: elaboración propia

2.2. Descripción del modelo y caracterización de rendimientos de escala

Para llevar a cabo esta evaluación se emplea una técnica no paramétrica²⁰, el Análisis Envolvente de Datos (DEA), debido a las importantes ventajas que ofrece su aplicación en el ámbito productivo público. Así, al tratarse de un método no paramétrico no exige *a priori* la especificación de la función de producción, cuestión ésta siempre difícil de resolver y sobre la que no se ha llegado a un consenso entre los especialistas en la materia. Además, debe subrayarse su capacidad para trabajar simultáneamente con múltiples inputs y outputs (sin necesidad de elegir ponderaciones de difícil justificación para su agregación) y su buena adaptación a aquellos casos en los que los precios son desconocidos o poco fiables (circunstancias todas ellas que concurren en mayor o menor medida en cualquier proceso de producción

¹⁷ El número de dimensiones libres se reduce a medida que se incorporan nuevas variables y con ello se incrementa la probabilidad de que cada entidad sea catalogada como eficiente debido a esta flexibilidad del DEA. Según Charnes et al. (1985, 1994) esta debilidad del DEA puede reducirse a través de la realización de un análisis *ex-post* de la sensibilidad de los resultados a las variables seleccionadas.

¹⁸ Aunque autores como Pedraja, Salinas y Smith (1999) opinan que esta regla no está adecuadamente fundamentada.

¹⁹ Además, según Kittelsen y Forsund (1992) esta práctica de utilizar los valores medios de las variables resulta útil para eliminar los efectos de inevitables factores aleatorios, como puede ser el caso de determinados errores de medida.

²⁰ Se trata además de una técnica no estadística y determinística. Para un estudio más detallado de esta técnica consultar, entre otros, los trabajos de Ganley y Cubbin (1992) y Pedraja y Salinas (1994).

público²¹). En consecuencia, la utilización de esta técnica no paramétrica se revela muy útil tanto para evaluar la actividad docente como investigadora de los centros educativos, tal y como reconoce San Segundo (2005).

Entre los diversos tipos de eficiencia que podemos distinguir en un proceso productivo,²² en este ámbito resulta interesante conocer el nivel de eficiencia técnica; es decir, analizar si a partir de la tecnología disponible se maximizan los outputs conseguidos a partir de unos inputs determinados (eficiencia en términos de output) o, a la inversa, ver si se minimiza la cantidad consumida de los inputs para obtener unos productos determinados (eficiencia en términos de input). Esta técnica no paramétrica permite obtener una medida de ambas versiones de la eficiencia productiva para cada unidad productiva.

En este trabajo se ha optado por medir la eficiencia en términos de output, ya que es la orientación que mejor se adecua a las características de esta investigación. En consecuencia, una universidad pública será calificada como ineficiente en relación a la gestión de su actividad investigadora cuando se observe que existe otra que, con los mismos inputs, produce mayor cantidad de outputs. Esta elección por la perspectiva basada en la maximización del output se explica, básicamente, por el hecho de que los recursos productivos destinados a las políticas de I+D, y por tanto a las universidades públicas, suelen estar sometidos a fuertes restricciones presupuestarias e institucionales. En particular, el nivel de gasto en I+D y la contratación de personal están muy limitados por los recortes presupuestarios a los que hay que recurrir cuando la coyuntura económica se resiente. Además, el carácter funcional, y por tanto, vitalicio, de parte del profesorado, tanto investigador como el técnico y auxiliar, imposibilita realizar recortes de la plantilla tanto en el corto como en el largo plazo. En consecuencia, y siendo conscientes de que la posibilidad de control por parte de las universidades se ejerce sobre la producción científica, mientras que la mayor parte de los inputs le vienen fijados, parece coherente que la evaluación debe realizarse en términos de maximización de output²³.

²¹ El trabajo de Farrell (1957) establece las bases metodológicas que posteriormente permitirán a Charnes, Cooper y Rhodes (1978) desarrollar unos modelos matemáticos basados en técnicas de programación lineal que permitirán calcular la eficiencia técnica con la que opera un conjunto de unidades productivas, ofreciendo información individualizada sobre los resultados registrados por cada una de estas entidades.

²² Un estudio detallado sobre los distintos tipos de eficiencia se recoge en Albi (1992), Bosch, Pedraja y Suárez (1998), Pedraja y Salinas (1995).

²³ Argumentos similares son los apuntados por Martínez Cabrera (2003).

Esta técnica no paramétrica exige, para la obtención de unos resultados más depurados, analizar la relación entre la eficiencia y la escala de operaciones. Con el objetivo de caracterizar los rendimientos de escala que registra la tecnología de producción, en este apartado se presentan tres tipos de contrastes.

El primer procedimiento consiste en regresionar los índices de eficiencia, calculados bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, sobre el tamaño de las unidades productivas (universidades públicas), utilizando como variable *proxy* de dicho tamaño el número de personal total empleado en I+D²⁴, en nuestro caso profesores.

Los resultados obtenidos en la regresión anterior, recogidos en el cuadro 3, no permiten afirmar que la escala de operaciones de las entidades consideradas sea estadísticamente significativa para explicar los índices de eficiencia. Por tanto, este resultado sugiere que la tecnología de producción ofrece rendimientos constantes a escala, si bien, para tener una mayor certeza en este sentido, es necesario reforzar este resultado con otros procedimientos.

Cuadro 2. - Regresión de los índices de eficiencia con rendimientos constantes sobre el tamaño de las unidades productivas

	<i>Coefficiente</i>	<i>Error standard</i>	<i>t-value</i>	<i>t-probabilidad</i>
Constante	0,554574	0,04044	13,7	0,000
Total profesores	4,59E-05	2,01E-05	2,29	0,027
$R^2 = 0,102293$	F (1,46) = 5,242 (0,027)		DW = 2,37	

Fuente: elaboración propia

Un segundo procedimiento, que nos permite conocer la naturaleza de los rendimientos a escala, se basa en calcular el coeficiente de correlación entre los índices de eficiencia de las distintas universidades públicas cuando la tecnología de producción muestra rendimientos constantes a escala y cuando presenta rendimientos variables a escala. A través de la aplicación de estas dos versiones de la formulación del modelo se observan ordenaciones muy parecidas, como indica un coeficiente de correlación elevado (del 86,15%), tal y como muestra el cuadro 3.

²⁴ La utilización del “personal empleado” como aproximación al tamaño de una unidad productiva se sugiere también por Pedraja y Salinas (1995) para el caso de los servicios de justicia. Este mismo criterio es el seguido por Martínez Cabrera (2003) en la evaluación de la eficiencia de las instituciones de educación superior.

Cuadro 3.- Coeficientes de correlación entre los índices de eficiencia con modelo CRS y VRS

	CRS	VRS
CRS ⁽¹⁾	1	0,86147619
VRS ⁽²⁾	0,86147619	1

(1) CRS: modelo con rendimientos a escala constantes
(2) VRS: modelo con rendimientos a escala variables

Fuente: elaboración propia

El tercer y último procedimiento al que se recurre para estudiar en qué medida las ineficiencias detectadas se deben a diferencias en la escala de operaciones en la que operan las diversas universidades públicas, consiste en determinar su eficiencia de escala. La eficiencia de escala se calcula como el cociente entre el nivel de eficiencia con rendimientos constantes a escala y con rendimientos variables a escala. Como se aprecia en el cuadro 4, la mayor parte de dichas instituciones muestran un índice de eficiencia a escala igual a la unidad o muy próximo²⁵. Como puede apreciarse en el cuadro, tan sólo dos universidades públicas (Barcelona y Santiago) 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 inferior (aunque próximo) a la unidad, puede registrarse algún caso de ineficiencia de escala.

Cuadro 4.- Eficiencia de escala de las Universidades Públicas de España

Universidad	Índice de eficiencia a escala	Universidad	Índice de eficiencia a escala
BARCELONA	1	ROVIRA I VIRGILI	0,958
SANTIAGO DE COMPOSTELA	1	ALMERIA	0,957
SALAMANCA	0,999	POMPEU FABRA	0,955
POLITECNICA DE CATALUÑA	0,998	CARLOS III	0,949
AUTONOMA DE MADRID	0,996	GIRONA	0,946
MURCIA	0,994	PAIS VASCO	0,946
VALLADOLID	0,993	LAS ISLAS BALEARES	0,943
POLITECNICA DE VALENCIA	0,993	JAEN	0,94
MALAGA	0,992	JAUME I	0,940
AUTONOMA DE BARCELONA	0,992	LEON	0,938
ZARAGOZA	0,991	PÚBLICA DE NAVARRA	0,927
ALCALA	0,988	LLEIDA	0,925
VIGO	0,983	SEVILLA	0,918
ALICANTE	0,983	MIGUEL HERNANDEZ	0,913

²⁵ El índice tan bajo de la Universidad Pablo Olavide se justifica por su reducido tamaño.

LA LAGUNA	0,98	HUELVA	0,901
CADIZ	0,979	POLITECNICA DE MADRID	0,89
CASTILLA-LA MANCHA	0,979	GRANADA	0,889
EXTREMADURA	0,979	VALENCIA	0,887
OVIEDO	0,975	LA RIOJA	0,84
UNED	0,973	BURGOS	0,816
CORDOBA	0,968	COMPLUTENSE DE MADRID	0,794
CANTABRIA	0,966	POLITECNICA CARTAGENA	0,762
LA CORUÑA	0,965	REY JUAN CARLOS	0,724
LAS PALMAS GRAN CANARIA	0,959	PABLO DE OLAVIDE	0,433

Fuente: elaboración propia

Por tanto, los tres contrastes efectuados ofrecen unas conclusiones similares, que nos permiten señalar que la tecnología de producción se caracteriza por presentar rendimientos constantes a escala. Esta idea puede resultar coherente, en la medida en que la eficiencia puede estar más condicionada por otro tipo de factores diferentes a la escala de operaciones. Es decir, la eficiencia no está tan determinada por el número de personas dedicadas a esta actividad productiva, sino que, por ejemplo, puede estar más afectada por el grado de formación de los mismos, la diversificación o especialización de las investigaciones, la capacidad de coordinación entre los diferentes centros de investigación y las distintas Administraciones que permitan aprovechar las sinergias de las mismas líneas de investigación, y la fluidez de la información y la velocidad de la misma entre los directores de los equipos de investigación que les permitan generar economías de escala en los conocimientos²⁶.

En consecuencia, la evaluación de la eficiencia se realiza mediante la resolución de un modelo CCR²⁷, ya que se supone que los puntos del conjunto de posibilidades de producción satisfacen las hipótesis originales establecidas por Farrell (1957), es decir, libre disponibilidad de inputs y outputs, convexidad, rendimientos constantes a escala y sin restricciones en las ponderaciones. El problema de programación lineal, orientado al output, que debemos resolver es el siguiente:

²⁶ Diversos trabajos empíricos ponen de relieve estos aspectos. Así, por ejemplo Hare y Wyatt (1988) apuntan como elemento determinante del rendimiento productivo la motivación de los investigadores; Knorr *et al.* (1979) señalan la labor de los líderes de los equipos de investigación; y Alchian y Demsetz (1972) destacan la importancia de la labor en equipo, denominando “producción en equipo” a las condiciones tecnológicas que mejoran la productividad de la acción colectiva frente a la suma de las individuales.

²⁷ En cuanto a la formulación matemática del DEA, hay que señalar que esta técnica se caracteriza por los múltiples modelos desarrollados por la literatura especializada. De todos los modelos existentes, los que derivan del artículo original de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), los denominados modelos CCR, suministran la estructura básica del método, siendo los demás extensiones de los anteriores que tratan de incorporar supuestos adicionales sobre la tecnología de producción subyacente o sobre las características de las variables a incluir. De este modo, por ejemplo, frente a los modelos CCR que presuponen rendimientos constantes a escala y variables controlables por el gestor, los modelos BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984) y BM (Banker y Morey, 1986) incorporan, respectivamente, los supuestos de rendimientos variables y de variables no controlables.

$$\text{Max } \theta_0$$

s.a.

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

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

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

donde θ_0 representa el índice de eficiencia de la entidad evaluada; y_{rj} y x_{ij} las cantidades del output r y del input i , respectivamente, correspondientes a la entidad j ; λ_j representa las ponderaciones; y s_r^+ y s_i^- las variables de holgura del output y de los inputs, respectivamente. En nuestro estudio n coincide con las 48 universidades públicas; r con la unidad (al considerar un solo output, la producción científica) y m representa los dos inputs empleados (profesorado y proyectos de investigación concedidos).

2.3. Resultados

El índice de eficiencia se interpreta, en ausencia de restricciones en las ponderaciones, como una medida radial que nos informa la expansión del output (sobre el nivel actual) necesaria para que una unidad productiva sea eficiente. Así, una unidad será eficiente cuando $\theta_0 = 1$ y además todas las variables de holgura (tanto asociadas a los inputs como al output) sean nulas. Por el contrario, si θ_0 coincide con la unidad pero las variables de holgura no son todas nulas, significa que puede experimentarse un incremento individual en alguno de los outputs (en caso de que se considerara un número de outputs mayor a la unidad) superior al radial representado por el índice de eficiencia, y/o puede admitirse una reducción en alguno de sus inputs. En este caso la unidad productiva se cataloga como ineficiente.

Los índices de eficiencia obtenidos para cada universidad se presentan en el cuadro 5. De las cuarenta y ocho universidades evaluadas, sólo dos son eficientes (Universidad de Barcelona y la Universidad de Santiago de Compostela), lo que representa aproximadamente el 4,16% de la muestra²⁸. Inmediatamente después se encuentra la Autónoma de Madrid, con un índice de eficiencia cercano a la unidad (0,996), la

²⁸ Todas las unidades eficientes cumplen el doble requisito de conseguir un índice igual a la unidad y valores nulos en las variables de holgura correspondientes al output y los inputs

Laguna (0,879), la Autónoma de Barcelona (0,874) y la de Jaén (0,838), si bien éstas no cumplen la condición de nulidad de las variables de holgura. A la cola de esta ordenación se encuentran la Politécnica de Madrid (0,335), seguida de la Pompeu Fabra (0,358), la de Girona (0,379) y la de La Rioja (0,414).

Cuadro 5.- Índice de eficiencia y holguras

Universidad	Índice eficiencia	nº veces que sale	holguras inputs	
			profesores	proyectos
SANTIAGO DE COMPOSTELA	1	44	0,000	0,000
BARCELONA	1	14	0,000	0,000
AUTONOMA DE MADRID	0,996	0	0,000	10,872
LA LAGUNA	0,879	0	1222,847	0,000
AUTONOMA DE BARCELONA	0,874	0	0,000	0,434
JAEN	0,838	0	378,322	0,000
BURGOS	0,816	0	393,298	0,000
VIGO	0,806	0	352,565	0,000
VALENCIA	0,798	0	0,000	0,000
ALICANTE	0,796	0	381,896	0,000
ALCALA	0,751	0	200,370	0,000
EXTREMADURA	0,735	0	459,315	0,000
ROVIRA I VIRGILI	0,726	0	97,709	0,000
CORDOBA	0,715	0	0,000	0,000
COMPLUTENSE DE MADRID	0,7	0	16,613	0,000
PAIS VASCO	0,7	0	781,621	0,000
LA CORUÑA	0,696	0	409,452	0,000
CANTABRIA	0,675	0	0,000	0,000
JAUME I	0,673	0	109,791	0,000
ZARAGOZA	0,665	0	0,000	0,000
OVIEDO	0,642	0	200,944	0,000
VALLADOLID	0,634	0	738,347	0,000
REY JUAN CARLOS	0,626	0	243,927	0,000
GRANADA	0,624	0	0,000	0,000
MURCIA	0,624	0	2,243	0,000
LAS PALMAS GRAN CANARIA	0,608	0	883,419	0,000
MIGUEL HERNANDEZ	0,583	0	8,952	0,000
CARLOS III	0,582	0	0,000	0,000
PÚBLICA DE NAVARRA	0,561	0	116,372	0,000
SEVILLA	0,556	0	925,355	0,000
CASTILLA-LA MANCHA	0,546	0	400,290	0,000
POLITECNICA DE CARTAGENA	0,544	0	179,315	0,000
POLITECNICA DE CATALUÑA	0,54	0	0,000	0,000
SALAMANCA	0,524	0	25,436	0,000
ALMERIA	0,523	0	214,298	0,000
HUELVA	0,515	0	346,895	0,000
MALAGA	0,51	0	0,000	0,000
CADIZ	0,502	0	603,831	0,000
LEON	0,484	0	53,782	0,000

POLITECNICA DE VALENCIA	0,459	0	0,000	0,000
LAS ISLAS BALEARES	0,457	0	0,000	0,000
PABLO DE OLAVIDE	0,433	23	1,565	0,000
UNED	0,427	0	184,614	0,000
LLEIDA	0,424	0	95,372	0,000
LA RIOJA	0,414	0	23,081	0,000
GIRONA	0,379	0	0,000	0,000
POMPEU FABRA	0,358	0	0,000	0,000
POLITECNICA DE MADRID	0,335	0	80,274	0,000

Fuente: elaboración propia

La eficiencia media es del 63,02% (es decir, por término medio, las universidades públicas españolas podrían aumentar su producción científica en un 36,98% a partir del consumo observado de inputs), y si sólo se consideran las universidades ineficientes, se reduce dicha media a un 61,41%, por lo que existe un cierto margen de mejora potencial.

Los cuadros 6 y 7 muestran los estadísticos descriptivos de los inputs y de los outputs para cada grupo de universidades eficientes e ineficientes, respectivamente. Se detectan diferencias entre los dos grupos de universidades cuando se comparan los valores medios de cada variable. En este sentido, las universidades eficientes presentan una producción científica media mayor, 8.193 publicaciones, mientras que la de las ineficientes es tan sólo de 2.108,22 publicaciones. Esta diferencia también es patente en el caso de los inputs relacionados con el personal empleado (profesorado) y el número de proyectos. Ahora bien, mientras que el profesorado de las universidades eficientes supone casi el doble del profesorado de las ineficientes, el número de proyectos de las eficientes es casi el triple de las ineficientes, lo que puede estar poniendo de manifiesto que las unidades ineficientes registran un consumo excesivo de los recursos económicos destinados a la obtención de su producción científica, lo cual es representativo de la ineficiencia con la que actúan estas entidades.

Cuadro 6: Estadísticos descriptivos de las Universidades eficientes

	<i>Media</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Coefficiente variación</i>
Producción definitiva	8.193,000	4.453,359	0,544
Profesores	3.108,000	1.372,494	0,442
Proyectos	89,417	60,693	0,679

Fuente: elaboración propia

**Cuadro 7: Estadísticos descriptivos de las Universidades
ineficientes**

	<i>Media</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Coefficiente variación</i>
Producción definitiva	2.108,217	1.985,311	0,942
Profesores	1.584,082	1.138,145	0,718
Proyectos	32,083	26,965	0,840

Fuente: elaboración propia

Uno de los principales inconvenientes que plantea el Análisis Envolvente de Datos es su incapacidad para discriminar entre las unidades productivas eficientes. Con el fin de calificar este tipo de universidades, y contrastar si su eficiencia es debida a un comportamiento atípico, se utiliza el método propuesto por Smith y Mayston (1987) basado en analizar la frecuencia de aparición de cada centro eficiente en el grupo de referencia de las ineficientes. Si la frecuencia es elevada, la unidad correspondiente es genuinamente eficiente con respecto a un buen número de unidades. Este es el caso de la universidad de Santiago de Compostela (44 veces), que ocupa el primer lugar, y de la de Barcelona (14 veces). Cuando una unidad aparece exclusivamente en su grupo de referencia, su eficiencia puede ser sospechosa²⁹ (ver cuadro 6).

El DEA proporciona además los objetivos óptimos de producción y consumo de factores productivos que las unidades productivas ineficientes deben alcanzar para ser catalogadas eficientes. Estos objetivos se calculan aplicando directamente el índice de eficiencia y las correspondientes variables de holgura a los valores reales o muestrales de los productos y factores productivos de cada entidad ineficiente. Por tanto, para que un centro productivo pase de ser ineficiente a eficiente no sólo debe corregir las ineficiencias radiales (representadas por el índice de eficiencia) sino también las no radiales (representadas por las variables de holgura).

El cuadro 8 recoge los posibles objetivos del output. Como se desprende de los datos de este cuadro, por término medio, la producción podría incrementarse en un 37% si los inputs se utilizasen de forma óptima. Debe destacarse sin embargo, los casos de la Politécnica de Madrid (66,5%), Pompeu Fabra (64,2%), Girona (62,1%), La Rioja (58,6%), Lleida (57,6%), UNED (57,3%), Pablo de Olavide (56,7%) e Islas Baleares (54,3%) por estar muy por encima de la media, pues con los inputs que emplean podrían

²⁹ Para Ganley y Cubbin (1992) lo anterior no es tanto una cualificación de la eficiencia como una consecuencia de la falta de uniformidad con la que se distribuyen las unidades ineficientes en el espacio de producción.

umentar su producción científica significativamente. Algo muy distinto les ocurre a la Autónoma de Madrid (0,4%), La Laguna (12,1%), la Autónoma de Barcelona (12,6 %) y a la de Jaén (16,2%).

Cuadro 8.- Incremento de la producción científica de las Universidades ineficientes

UNIVERSIDADES PÚBLICAS	Incremento potencial de la producción científica de las universidades ineficientes (%)
AUTONOMA DE MADRID	0,4
LA LAGUNA	12,1
AUTONOMA DE BARCELONA	12,6
JAEN	16,2
BURGOS	18,4
VIGO	19,4
VALENCIA	20,2
ALICANTE	20,4
ALCALA	24,9
EXTREMADURA	26,5
ROVIRA I VIRGILI	27,4
CORDOBA	28,5
COMPLUTENSE DE MADRID	30
PAÍS VASCO	30
LA CORUÑA	30,4
CANTABRIA	32,5
JAUME I	32,7
ZARAGOZA	33,5
OVIEDO	35,8
VALLADOLID	36,6
REY JUAN CARLOS	37,4
GRANADA	37,6
MURCIA	37,6
LAS PALMAS GRAN CANARIA	39,2
MIGUEL HERNANDEZ	41,7
CARLOS III	41,8
PÚBLICA DE NAVARRA	43,9
SEVILLA	44,4
CASTILLA-LA MANCHA	45,4
POLITECNICA DE CARTAGENA	45,6
POLITECNICA DE CATALUÑA	46,0
SALAMANCA	47,6
ALMERIA	47,7
HUELVA	48,5
MALAGA	49
CADIZ	49,8
LEON	51,6
POLITECNICA DE VALENCIA	54,1
LAS ISLAS BALEARES	54,3
PABLO DE OLAVIDE	56,7
UNED	57,3

LLEIDA	57,6
LA RIOJA	58,6
GIRONA	62,1
POMPEU FABRA	64,2
POLITECNICA DE MADRID	66,5

Fuente: elaboración propia

Debe señalarse en este análisis que las variables de holgura correspondientes al producto público son nulas para todas las universidades y, por tanto, según los datos muestrales no es posible incrementar el producto en ninguna de las unidades evaluadas por encima de lo que señala el respectivo índice de eficiencia. Esto es lógico si se tiene en cuenta que se está midiendo la eficiencia en términos de output y que además se incluye un único tipo de producto (como consecuencia de las limitaciones en la disponibilidad de datos estadísticos en este ámbito).

En todo caso, estos objetivos de producción y consumo referidos a las universidades públicas ineficientes deben interpretarse con cautela. Resulta bastante arriesgado suponer que las ineficiencias de las respectivas entidades evaluadas podrían eliminarse automáticamente adaptando sus procesos productivos a estos valores óptimos. En efecto, la consecución de este tipo de objetivos en el ámbito del sector público en general, se enfrenta con serias limitaciones, dadas las restricciones institucionales para recortar el consumo de determinados factores productivos públicos y las dificultades inherentes a la identificación y medición del producto público.

3. CONSIDERACIONES FINALES

Con las limitaciones propias de este tipo de análisis y la disponibilidad de datos estadísticos actuales, hemos obtenido una primera aproximación a los niveles de calidad de la actividad investigadora en nuestra universidad pública. Contrastar estos resultados con otro tipo de análisis paramétrico, permitiría enriquecer y comparar los resultados para una mejor interpretación de los mismos.

4. BIBLIOGRAFÍA

ALBI, E. (1992): "Evaluación de la eficiencia pública. El control de eficiencia del Sector Público", *Hacienda Pública Española*, 120/121, pp. 299-316.

ALCHIAN, A.A. y DEMSETZ, H. (1972): "Production, information cost and economic organization", *American Economic Review*, 62, pp. 777-795.

AYALA, L., PEDRAJA, F. y SALINAS, J. (2004): "Medición de la eficiencia de los programas de renta mínima: Una aplicación empírica utilizando el Análisis Envolvente de Datos", en RUEDA, N. et al., *Evaluación de la eficiencia del sector público: vías de aproximación*, Fundación de las Cajas de Ahorros (Funcas), Madrid.

BANKER, R., CHARNES, A. y COOPER, W. (1984): "Some models for estimating technical and scale efficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30 (9), pp. 1078-1092.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER, W.W., SWARTS, J. y THOMAS, D.A. (1989): "An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of Their Models and its Uses", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, 5, pp. 125-163.

BANKER, R. D. y MOREY, R. C. (1986): "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs", *Operations Research*, 34 (4), pp. 513-521.

BORDONS, M. et al. (1996): "Local, domestic and international scientific collaboration in biomedical research", *Scientometrics*, 37 (2), pp. 279-295.

BOSCH, N., ESPASA, M. y SORRIBAS, P. (2003): "Eficiencia técnica y acciones estructurales en las Comunidades Autónomas. Una aproximación paramétrica", *Papeles de Economía Española*, 95, pp. 149-159.

BOSCH, N., PEDRAJA, F. y SUÁREZ, J. (1998): *La medición de la eficiencia en la prestación de los servicios públicos locales: el caso del servicio de recogida de basuras*, Fundación BBV, Bilbao.

CALDERÓN PATIER, C. (1998): "Eficiencia del sector del autobús de la Comunidad de Madrid: evaluación mediante la técnica de envolvente de datos", *Hacienda Pública Española*, 143, pp. 3-16.

CASTROCEDA, C. y PEÑA, T. (2002): “Evaluación de la actividad investigadora universitaria: una aplicación a la Universidad de Valladolid”, *Estudios de Economía Aplicada*, 20-1, pp. 29-44.

CEPREDE (2004): *Penetración Regional de la Nueva Economía*, Madrid.

CINDOC (2004): *Proyecto de Obtención de Indicadores de Producción Científica de la Comunidad de Madrid (PIPICYT)*, CSIC, Madrid.

COELLI, T., RAO, D.S.P. y BATTESE, G.E. (1999): *An introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

CORDERO, J., PEDRAJA, F. Y SALINAS, J. (2003): “Eficiencia en Educación Secundaria y factores exógenos: sensibilidad de los resultados ante modelos alternativos”, en San Segundo, M. J. y Zorrilla, R. (eds.), *Economía de la Educación*, Universidad Carlos III de Madrid.

CHARNES, A., COOPER, W.W., LEWIN, A.Y., MOREY, R.C. y ROUSSEAU, J. (1985): “Sensitivity and stability analysis in DEA”, *Annals of Operations Research*, 2, pp. 139-156.

CHARNES, A., COOPER, W.W., LEWIN, A. Y. y SEIFORD, L. M. (eds.) (1994): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Londres.

CHARNES, A., COOPER, W. y RHODES, E. (1978): “Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.

DENISON, E.F. (1962): “The sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us”, *Supplementary Paper*, nº 13, Committee for Economic Development, New York, NY.

EUROPEAN COMMISSION (2003): “Third European Report on Science and Technology Indicators”, Community Research, Studies XVIII, Bruselas.

FAGERBERG, J. (1994): "Technology and International Differences in Growth Rates", *Journal of Economic Literature*, 32 (3), pp. 1147-1175.

FARRELL, M.J. (1957): "The measurement of efficiency productive", *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A, 120, pp. 253-266.

FECYT (FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA) (2005): *Indicadores Bibliométricos de la actividad científica española 2004*, Madrid.

FUNDACIÓN CONOCIMIENTO Y DESARROLLO (2005): *Informe CYD 2004: La contribución de las universidades españolas al desarrollo*, Madrid.

FUNFACIÓ COTEC PARA LA INNOVACIÓ TECNOLÓGICA (2005): *Informe Cotec 2005: Tecnología e innovación en España*, Madrid.

GANLEY, J.A. y CUBBIN, J.S. (1992): *Public sector efficiency measurement. Applications of Data Envelopment Analysis*, North-Holland, Amsterdam.

GARCÍA VALDERRAMA, T. y GÓMEZ AGUILAR, M.N. (1999): "Factores determinantes de la eficiencia de los grupos de investigación en la Universidad", *Hacienda Pública Española*, 148, pp. 131-148.

GONZÁLEZ, A. y DE LA SOTA, J. (coord.) (1998): *Investigación y desarrollo en la Comunidad de Madrid. Tres estudios sobre los recursos, producción y distribución de la actividad científica madrileña*, Consejería de Educación y Cultura de la Comunidad de Madrid, Madrid.

HARE, P. y WYATT, G. (1988): "Modelling the determination of research output in British universities", *Research Policy*, 17 (6), pp. 315-328.

INE (2003): *La estadística de I+D en España: 35 años de historia (1964-2001)*, Madrid.

- (vv.aa): *Estadística de la Enseñanza Superior en España*, Madrid.

- (vv.aa): *Estadística sobre las Actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D)*, Madrid.

KITTELSEN, S. A. C. y FORSUND, F. R. (1992): "Efficiency Analysis of Norwegian District Courts", *Journal of Productivity Analysis*, 3 (3), pp. 277-306.

KNORR, K.D. *et al.* (1979): "Leadership and groups performance: a positive relationship in academic research units", en F.M. Andrews: *Scientific productivity. The effectiveness of research groups in six countries*, Cambridge-Paris, Cambridge University Press-UNESCO.

LAWANI, S.M. (1986): "Some bibliometric correlates of quality in scientific research", *Scientometrics*, 9 (1), pp. 13-25.

LOVELL, C.A.K., y MUÑIZ, M.A. (2003): "Eficiencia y productividad en el sector público. Temas dominantes en la literatura", *Papeles de Economía Española*, 95, Fundación de las Cajas de Ahorros (Funcas), Madrid.

LUCAS, R.(1988): "On the Mechanics of Development Planning", *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), Julio, pp. 3-42.

LUNDVALL, B.A. (1992): *National Systems of Innovation - Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Lundvall, B-A. (ed.), London, Pinter Publishers, 2nd paperback edition, 1995.

MANCEBÓN, M. J. y BANDRÉS, E. (1999): "Efficiency evaluation in secondary schools: the hey role of model specification and of ex post analysis of results", *Education Economics*, vol. 7, N° 2, pp.131-152.

MARTÍNEZ CABRERA, M. (2003): *La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior*, Fundación BBVA, Bilbao.

MODREGO, A. (coord.) (2002): *Capital intelectual y producción científica*, Dirección General de Investigación de la Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, Madrid.

MUÑIZ, M. A. (2002): "Separating managerial inefficiency and external conditions in data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, Nº 143, pp. 625-643.

NUNAMAKER, T.R. (1985): "Using Data Envelopment Analysis to Measure the Efficiency of Non-Profit Organizations: A Critical Evaluation", *Managerial and Decision Economics*, 6 (1), pp. 50-58.

NÚÑEZ, R. y MODREGO, A. (2004): "Determinantes de la eficiencia técnica en las actividades I+DT de los Centros Tecnológicos españoles", Ponencia presentada a las *XX Jornadas de Economía Industrial* organizadas el 16 y 17 de septiembre de 2004 por el Departamento de Teoría e Historia Económica de la Universidad de Granada.

OCDE (1993): *Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development, Frascati Manual*, París.

- (2003): *Manual de Frascati 2002*, París.

PEDRAJA, F. y SALINAS, J. (1994): "El Análisis de Envolvente de Datos (DEA) y su aplicación al Sector Público: Una nota introductoria", *Hacienda Pública Española*, 128, pp.117-131.

- (1995): *Análisis de eficiencia de la tutela judicial: Aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) a la jurisdicción contencioso-administrativa*, Fundación BBV, Bilbao.

- (1996): "Eficiencia del Gasto Público en Educación Secundaria: Una aplicación de la Técnica Envolvente de Datos", *Hacienda Pública Española*, 138 - 3, pp. 87-95.

- (2005): "¿Es posible medir la eficiencia de los servicios públicos?", *Economistas*, Nº 105, pp.86-93.

PEDRAJA, F., SALINAS, J. y SMITH, P. (1994): "La restricción de las ponderaciones en el Análisis Envolvente de Datos: una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia", *Investigaciones Económicas*, 18 (2), pp. 365-380.

- (1999): "On the Quality of the Data Envelopment Analysis Model", *Journal of the Operational Research Society*, 50 (6), pp. 636-644.
- PÉREZ, C. y SALINAS, J. (1998): "El uso de los indicadores de gestión en la evaluación de la calidad universitaria", *Hacienda Pública Española*, Monográfico sobre Educación y Economía, pp. 157-167.
- PINA, V. y TORRES, L. (1995): "Evaluación del rendimiento de los departamentos de Contabilidad de las universidades españolas", *Hacienda Pública Española*, 135, pp. 183-190.
- PRIOR, D., VERGES, J. y VILARDELL, I. (1993): *La evaluación de la eficiencia en los sectores privado y público*, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.
- ROMER, P. (1986): "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94 (5), pp. 1002-1037.
- (1990): "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 98 (5-Part II), pp. S71-102.
- RUEDA, N. (2004): "Una aproximación a la medida de la eficiencia global de las Administraciones Públicas en el ámbito internacional", en RUEDA, N. *et al.*, *Evaluación de la eficiencia del sector público: vías de aproximación*, Fundación de las Cajas de Ahorros (Funcas), Madrid.
- (2005): *Análisis Económico de la Eficiencia Pública*, Instituto de Estudios Económicos, Madrid.
- SAN SEGUNDO, M. J (2005): "Los resultados de la enseñanza y la eficiencia", *Economistas*, Nº 105, pp. 126-136.
- SAN SEGUNDO, M. J. y VAQUERO, A. (1998): "Indicadores de resultados de las universidades", *Hacienda Pública Española*, Monográfico sobre Educación y Economía, pp. 139-156.
- SANZ, L. Y BARRIOS, P. (2003): "Capacidades científico-técnicas y Centros de Investigación competitivos en las regiones españolas, 1996-2001", *Economía Industrial*, nº 354, pp. 137-156.

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).

SMITH, P. (1993): *Misspecification Bias in Data Envelopment Analysis*, mimeo, University of York.

- (1997): “Model Misspecification in Data Envelopment Analysis”, *Annals of Operations Research*, vol. 73, pp. 233-252.

SMITH, P. y MAYSTON, D. (1987): “Measuring efficiency in the public sector”, *Omega International Journal of Management Science*, 15 (3), pp. 181-189.

SOETE, L., TURNER, R. y PATEL, P. (1984): “Technology Diffusion and the Rate of Technical Change”, *Economic Journal*, 94, pp. 612-623.

STERN, S., FURMAN, J. y PORTER, M.S. (2000): “The determinants of national innovative capacity”, Working Paper 7876, National Bureau of Economic Research,.

TRILLO, D. (2002): “La función de distancia: un análisis de la eficiencia en la universidad”, tesis doctoral del Departamento de Economía de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.

VALLE, V. (1993): "La modernización del sector público español: una perspectiva funcional", *Papeles de Economía Española*, Nº 57, pp. 234-240.

-(2003): “La mejora de la eficiencia de los servicios públicos: viejos y nuevos argumentos en su apoyo”, *Cuadernos de Información Económica*, Nº 175, pp. 8-18.

VIDAL, J. (1995): “La caja gris: microanálisis de la actividad investigadora, su gestión y evaluación en una institución universitaria. Estudio del caso de la Universidad de León”, tesis doctoral de la Universidad de Salamanca, Salamanca.