

XII ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

Palma de Mallorca, 3 y 4 de febrero 2005

TÍTULO PONENCIA:

“ LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE I + D EN ESPAÑA: UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)”

AUTORAS:

Dra. Dña. Carmen Calderón Patier
Dra. Dña. Begoña Barruso Castillo

Universidad San Pablo-CEU
C/ Julian Romea nº 20 28003 Madrid
Madrid

Teléfono: 91.5140400
e-mail: calder@ceu.es
e-mail: barruso.cee@ceu.es

Dra. Dña. Nuria Rueda López
Universidad San Pablo-CEU y
FUNCAS

C/ Julian Romea nº 20 28003
Madrid
Teléfono: 91.5140400

e-mail: n.rueda@ceu.es

“El gasto público realizará una asignación equitativa de los recursos públicos y su programación y ejecución responderán a criterios de eficiencia y economía”

Art. 31.2 Constitución

1. INTRODUCCIÓN.

Existe una relación directa entre el nivel científico y tecnológico de un país y su nivel económico. El desarrollo del conocimiento científico contribuye positivamente al crecimiento económico de los procesos de acumulación de capital humano y de capital tecnológico¹. Conocedores de la importancia de este factor de crecimiento y en el contexto de la Unión Europea (UE), España, en los últimos años, viene realizando un importante esfuerzo inversor en esta política superando por primera vez en el año 2002 el gasto en I+D el 1% del PIB (en concreto el 1,03%). Aún así, nos encontramos lejos de las cifras de los países más avanzados, siendo el gasto medio en la UE del 2%; en Estados Unidos es del 2,8% y en Japón del 3% del PIB.

Durante el período 1985-2003, el PIB español ha crecido a una tasa media anual del 3,1%, sensiblemente superior a nuestros socios comunitarios, pero estos avances no han ido acompañados de mejoras significativas en la productividad del trabajo, ya que su crecimiento anual se encuentra por debajo del 1%, el más modesto de la UE. Es decir, la economía española ha crecido de forma notable y ha tenido gran capacidad de generar empleo, sin embargo, se han registrado aumentos muy reducidos de la productividad de este factor productivo, debido fundamentalmente al limitado incremento del capital por trabajador².

¹ Los resultados de la teoría del crecimiento y el cambio tecnológico subrayan la importancia de la I+D para el crecimiento económico y su concreción en áreas geográficas delimitadas. Las actividades innovadoras generan un crecimiento económico extraordinario (Soete, Tarner y Patel, 1983; Fagerberg, 1994), basado en externalidades positivas (Romer, 1986 y 1990; Lucas, 1988) que pueden ser aprovechadas, sobre todo, por los agentes regionales (Stern, Furman y Porter, 2000).

² Un ejemplo a destacar es Irlanda. Cuando entró a formar parte de la Comunidad Europea en 1973 su renta per cápita representaba aproximadamente el 63% de la media europea. Actualmente su renta per

En marzo de 2002, los líderes de la UE fijaron como objetivo para el año 2010 una inversión del 3% del PIB en este tipo de política; es decir, un 50% más del nivel de inversión actual que nos permita acercarnos a los niveles alcanzados por Estados Unidos. No obstante, este es un objetivo muy ambicioso. La globalización de la actividad económica junto con los problemas de sostenibilidad del Estado del Bienestar en la UE dificultan el logro de estas metas, ya que los presupuestos públicos de los países miembros están condicionados, por un lado, por la necesidad de controlar e incluso reducir el gasto público, y por otro tienen que hacer frente a mayores necesidades de gasto, como son las ocasionadas por el envejecimiento de la población. Resulta difícil, por tanto, compaginar la disciplina presupuestaria con esta deseable demanda creciente de partidas presupuestarias destinadas a la política de I+D.

En este contexto, y para que estos mayores recursos públicos en I+D se traduzcan en incrementos proporcionales en el bienestar social, debemos ser conscientes de la necesidad de que se gaste con eficiencia. Es decir, no se trata sólo de cuantificar el esfuerzo inversor en investigación o desarrollo, que no deja de ser un dato, sino que es preciso analizar el grado de eficiencia con el que se emplean dichos recursos. La capacidad innovadora de un sistema (nacional o regional) no depende sólo de su esfuerzo cuantitativo en I+D (gastos y personal) y de su infraestructura tecnológica, sino también de la generación de externalidades mediante la interacción entre los distintos agentes del sistema –el enfoque holístico– como son las empresas o las Administraciones Públicas (AAPP).

Implícitamente, cuando se habla de sistemas nacionales de innovación, se supone de forma poco realista (Lundvall, 1992) que existe una cierta homogeneidad interna entre las regiones que lo forman. El sistema nacional de innovación de un país caracteriza la realidad de cada una de las regiones que lo componen, ya que normalmente existen grandes diferencias entre ellas. Esto es debido a que en casi todos los países se ha detectado una concentración muy alta de actividades de I+D e innovadoras en ciertas regiones, mientras que en otras apenas son significativas. Además en países con un elevado grado de descentralización, como es el caso de Alemania, y en menor medida

cápita es del 122% de dicha media. Este fenómeno se produce gracias a su apuesta por la educación y la innovación, atrayendo tecnología al país, básicamente industria farmacéutica y *software*.

España, los gobiernos regionales tienen parte de las responsabilidades políticas respecto al desarrollo científico y tecnológico.

El presente trabajo es un primer intento de ofrecer alguna respuesta a las cuestiones relacionadas con el análisis de la eficiencia de las políticas públicas regionales en I+D en España. Los estudios realizados hasta el momento en este campo, se centran en el uso de indicadores bibliométricos generales de evaluación de tipo cuantitativo, careciendo de investigaciones que relacionen el empleo de inputs con estos indicadores. Este trabajo pretende a través de una aproximación no-parámetrica, en concreto el Análisis Envolvente de Datos (DEA), evaluar la eficiencia de esta política relacionando los indicadores bibliométricos, basados en el principio de que la esencia de la producción de la investigación científica es el conocimiento y que dicho conocimiento se manifiesta en la generación de literatura científica, con los inputs necesarios para su obtención.

La estructura del trabajo es la siguiente. En el primer apartado, se describe el estado de la cuestión en cuanto a los análisis y técnicas desarrollados hasta el momento y relacionados con la evaluación de la eficiencia de las actividades de I+D, haciendo especial hincapié en las limitaciones informativas que presentan. A continuación, se realiza una primera aproximación a la media de la eficiencia de este tipo de política mediante la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA). En este apartado se caracteriza el modelo utilizado y se analizan los principales resultados obtenidos. Por último, en el cuarto apartado se recogen las principales conclusiones.

2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS DE I+D: PRINCIPALES VENTAJAS E INCONVENIENTES.

La revisión de la literatura especializada disponible sobre la evaluación de los resultados alcanzados en las políticas públicas de I+D revela que la mayor parte de los estudios realizados en este ámbito utilizan indicadores de evaluación limitados, ya que únicamente ofrecen información sobre la cantidad de recursos humanos y financieros y el nivel de desarrollo alcanzado en el ámbito macroeconómico como consecuencia de los éxitos registrados y las medidas públicas implementadas. En consecuencia, dichos indicadores no se pueden catalogar como “verdaderos” indicadores de eficiencia. En este sentido, los principales métodos propuestos hasta la fecha que pretenden

aproximarse a un medida de la eficiencia alcanzada en este tipo de actuación se recogen en el **cuadro 1**.

Cuadro 1: Métodos utilizados para evaluar I+D

MÉTODOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Análisis Bibliométrico	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativo. • Útil sobre bases agregadas para evaluar calidad de ciertos programas y campos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las mediciones son sólo cuantitativas. • No es útil en todos los programas y campos. • Las comparaciones entre campos y países son difíciles. • Pueden ser artificialmente influenciados.
Tasa de retorno económico	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativo. • Muestra los beneficios económicos de la I+D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mide sólo beneficios financieros, no beneficios sociales (tales como el mejoramiento de la calidad de la salud). • El tiempo transcurrido entre la I+D y el beneficio económico es frecuentemente largo. • No es útil en todos los programas y campos.
Revisión por pares	<ul style="list-style-type: none"> • Método de fácil comprensión. • Permite evaluar la calidad de la investigación y a veces otros factores. • Una parte importante de los programas financiados con fondos federales evalúan la calidad con este método. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se focaliza principalmente sobre la calidad de la investigación. • Otros elementos son secundarios. • Generalmente sirve para evaluar proyectos, no programas. • Gran diversidad entre las diferentes agencias. • Reparos contra el uso de redes de “viejos”. • Los resultados dependen de que se involucre gente de alto nivel en el proceso evaluador.
Estudio de casos	<ul style="list-style-type: none"> • Permite comprender los efectos de los factores institucionales, organizacionales y técnicos que influyen en el proceso de investigación. • Ilustra acerca de todos los tipos de beneficio del proceso de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Casos aislados, no comparables entre programas. • Focalizar la evaluación sobre casos puede acarrear dificultades para evaluar los beneficios de una programación.
Análisis retrospectivo	<ul style="list-style-type: none"> • Útil para identificar vínculos entre programas de I+D e innovaciones en períodos largos de inversión en I+D. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es útil para evaluación de corto plazo, debido a que el intervalo entre la I+D y sus resultados prácticos es largo.
Punto de referencia (benchmarking)	<ul style="list-style-type: none"> • Provee una herramienta de comparación entre programas y países. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser focalizado sobre campos, no sobre programaciones.

Fuente: *Evaluating Federal Research Programs*; National Academy Press; Washington, 1999.

Recientemente, la Comisión Europea , en su *Third European Report on Science and Technology Indicators*, con el objetivo de contribuir a la mejora de la coordinación de la política de investigación en Europa, ofrece una amplia batería de indicadores

bibliométricos y de patentes que facilitan la cuantificación de la producción científica en los países miembros de la UE, efectuándose en esta publicación análisis comparativos entre los mismos y en el ámbito europeo. Sin embargo, estos indicadores, no son representativos de la medida de la eficiencia en la política pública de I+D, siendo su principal utilidad las comparaciones internacionales que se puedan realizar de los mismos³.

Esta clase de deficiencias informativas se deben en parte a la falta de control de la calidad con la que tradicionalmente se ha ejecutado la política de I+D; a unas recomendaciones, medidas y objetivos no siempre explícitamente definidos; y a que las actividades de investigación interdisciplinarias y las transferencias de conocimientos a los respectivos sectores económicos no siempre se encuentran bien canalizadas. Estas dificultades, entre otras, explican la tradicional escasez de información disponible para llevar a cabo este tipo evaluación de la eficiencia de las actuaciones públicas en I+D⁴, lo que explica la ausencia de este tipo de mediciones.

El método de evaluación de proyectos de I+D más utilizado hasta la fecha, el de “revisión anónimo por pares”, se ocupa más de ponderar aspectos relacionados con la calidad e impacto de las investigaciones desarrolladas y a partir de las opiniones de los especialistas y científicos involucrados en estos procesos de revisión, dejando a un lado cualquier referencia a cuestiones relacionadas con la eficiencia. Por otro lado, la comunidad científica es consciente de los déficits informativos de los datos bibliométricos. Por ello es necesario dar un primer paso dirigido a aplicar en la práctica las permanentes recomendaciones emitidas desde distintos foros especializados sobre la necesidad de que este tipo de evaluación incorpore nuevas metodologías y elementos de análisis más depurados.

En este contexto y ante la ausencia de estudios que evalúen en nuestro país la eficiencia de la política pública en I+D, en este trabajo se ofrece una primera aproximación a este tipo de medida mediante la aplicación de una técnica frontera no paramétrica, el

³ Consciente de esta limitación, la Comisión Europea está trabajando en el desarrollo de nuevos indicadores perfeccionados, habiendo incorporado en este último informe nuevas iniciativas de medición, como es el caso de los *new composite indicators for the knowledge-based economy*.

Análisis Envolvente de Datos (DEA), método que presenta importantes ventajas en el ámbito productivo público⁵, fundamentalmente su carácter no paramétrico y la no exigencia de emplear el precio de los outputs obtenidos.

En concreto, se ofrece una aplicación empírica del DEA con el objetivo de conocer cuál es la posición relativa que ocupa cada una de las Comunidades Autónomas (CCAA) en nuestro país en función de la eficiencia productiva registrada en la implementación de sus respectivas políticas de I+D durante el período 1999-2001.

3. ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE I+D EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS.

3.1 Muestra y variables seleccionadas.

La evaluación de la eficiencia mediante este tipo de metodología no paramétrica requiere disponer de una muestra con un alto grado de homogeneidad, de tal forma que las unidades incluidas en la misma compartan una misma tecnología de producción y estén sujetas a un idéntico marco institucional. Es importante señalar que la muestra aquí seleccionada, las 17 comunidades autónomas⁶, garantiza el cumplimiento de los requisitos de homogeneidad⁷ que exige esta técnica a las unidades productivas evaluadas⁸.

En este sentido, la Ley 13/1986, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, estableció el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico para el fomento y la coordinación general de la investigación científica y técnica que corresponde al Estado, y creó la Comisión

⁴ Este inconveniente, como ocurre en la mayoría de las políticas de gasto público se acentúa en el apartado del output generado, al tratarse generalmente de un producto intangible y que carece de un precio de mercado para su valoración.

⁵ Prueba de ello son las múltiples aplicaciones de esta técnica y su utilización creciente en la parcela de los servicios y políticas públicas en nuestro país en los últimos años, tal y como se comprueba en el trabajo de Lovell y Muñiz (2003). Sin embargo, no existe un estudio empírico de esta naturaleza para el caso de la política pública española de I+D.

⁶ Se excluyen las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla por la falta de información estadística disponible al respecto en determinados años.

⁷ Véase Golany y Roll (1989).

⁸ En caso contrario, los efectos de la falta de homogeneidad en dichas entidades podría confundirse con comportamientos ineficientes.

Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) como órgano de planificación, coordinación y seguimiento del Plan Nacional. Dicho Plan Nacional se concebía así como un mecanismo integrador que fijaba los grandes objetivos de I+D para períodos plurianuales y ordenaba las actividades dirigidas a su consecución en programas. Los avances en esta área desde la aprobación del primer plan en 1988 han sido muy importantes, dirigidos no sólo a impulsar el esfuerzo inversor sino, y más importante aún, a coordinar esta política en el ámbito tanto nacional⁹ como europeo¹⁰.

La política estatal española de I+D comprende, por tanto, toda la acción de la Administración General del Estado (AGE), concebida ésta como una estrategia común que se plasma en los Planes Nacionales (dentro de los Programas Marco europeos) y como un instrumento de política científica y tecnológica para impulsar el desarrollo del Sistema Español de Ciencia y Tecnología. Si bien la AGE se encarga de la coordinación general de la política de I+D, sus competencias en este campo no excluyen a las de las CCAA, que apoyándose en las competencias establecidas en sus respectivos Estatutos de Autonomía, han impulsado sus propios sistemas regionales de I+D+i como base de su desarrollo socioeconómico.

Este proceso continúa en la actualidad con la reciente promulgación de las Leyes de Ciencia y Tecnología en diversas CCAA, la consiguiente creación de los órganos regionales de planificación y decisión en este ámbito, y la aprobación de planes regionales de I+D+i con diferentes denominaciones. Este esfuerzo legislativo y normativo se ha visto acompañado por la asignación creciente de recursos económicos.

Las razones anteriores nos permiten catalogar como unidades productivas homogéneas a las CCAA en nuestro estudio, ya que todas ellas adoptan decisiones en la política de

⁹ Es el Plan Nacional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica para el período 2000-2003, el que por primera vez define una estrategia global que incluye todas las actuaciones públicas, todas las administraciones y todos los agentes implicados, nacionales y europeos. El actual Plan Nacional para el período 2004-2007 no sólo mantiene sino que refuerza esta tendencia.

¹⁰ La UE concreta su Política de Fomento de la Ciencia y la Innovación desde 1984 en los Programa Marco, recibiendo un importante impulso a partir del año 2000. En este mismo ejercicio, la Comisión Europea elaboró una comunicación en la que se proponía la creación de un Espacio Europeo de Investigación e Innovación (EEI) para combatir la fragmentación del sistema europeo de I+D+i, propuesta que fue ratificada en el Consejo Europeo de Lisboa (celebrado en marzo de 2000). Posteriormente, en la cumbre de Barcelona de 2002 se planteó el reto de alcanzar en el año 2010 un gasto en I+D del 3% del PIB en la UE, que se integra como objetivo prioritario en el actual VI Programa Marco de I+D de la UE.

I+D que afectan a la organización y planificación de las mismas; coordinan la investigación con otras administraciones, y tienen capacidad para firmar convenios con entidades públicas y privadas para la realización de trabajos de carácter técnico y científico, contratación de personal y nombramiento de responsables, así como para la gestión administrativa y económica del área.

Un paso previo fundamental a la obtención de los índices de eficiencia en este tipo de análisis consiste en la selección de las variables (y no de la forma funcional, al tratarse el DEA de un método no paramétrico) que representen adecuadamente la actividad productiva de las entidades evaluadas. La ausencia de trabajos empíricos sobre la evaluación de la eficiencia de esta política pública ha sido una dificultad añadida a nuestro estudio que nos ha conducido a revisar la literatura existente sobre otras políticas evaluadas que mantengan cierta similitud con la aquí considerada, como es el caso de la educación superior, que presenta algunos paralelismos en sus objetivos, como los que se detectan en la actividad investigadora desarrollada en este ámbito educativo. En esta parcela destacan, entre otros, los trabajos de 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.

En este punto, la elección de las variables ha estado condicionada por dos elementos fundamentales: por una parte, el ámbito de estudio y, por otra, y no menos importante, la disponibilidad de datos. Esta etapa es de crucial importancia en la aplicación del DEA, ya que al no tratarse de una técnica estadística de medición no se dispone de ningún test que permita evaluar la bondad de la selección¹¹.

En cuanto al *output*, son dos los productos básicos que, en principio, se pueden identificar en este tipo de actividad; a saber: la producción científica y las patentes. La elaboración periódica de este tipo de indicadores bibliométricos constituye actualmente la principal herramienta para evaluar los resultados de la gestión de la política científica

¹¹ Debe indicarse al respecto que uno de los principales inconvenientes de este método consiste precisamente en la elevada sensibilidad de los resultados obtenidos en términos de eficiencia a las variables incluidas en la evaluación.

y tecnológica¹². Dado que el ámbito de nuestro estudio se limita a la política de I+D, sin incluir la innovación tecnológica, a nuestros efectos sólo podemos considerar como output la producción científica¹³. Los datos referidos a este tipo de producción, y desagregados por CCAA, son los recogidos en el *Proyecto de Obtención de Indicadores de Producción Científica de la Comunidad de Madrid* (PIPICYT) elaborado por el CINDOC y el CSIC¹⁴, y publicado en enero de 2004. La información estadística referida a la producción científica, representada a través de las publicaciones científicas (artículos en revistas especializadas, participaciones en congresos, libros, etc...), se encuentra disponible para las siguientes tres áreas de conocimiento: Ciencias Experimentales y Técnicas; Ciencias Médicas; y Ciencias Sociales y Humanidades¹⁵. Esta oferta estadística se depura con el objetivo de considerar únicamente la producción científica generada por los organismos públicos (administración pública y enseñanza superior pública) en las distintas CCAA durante el período 1999-2001, siendo este trienio el último para el que está disponible este tipo de datos.

Por otro lado, los *inputs* seleccionados que caracterizan la tecnología de producción son tres: investigadores, resto de personal asociado a actividades de I+D y gasto en actividades de I+D. La información estadística referida a estos inputs procede de la base de datos elaborada por el INE (2003b)¹⁶, donde se realiza una regionalización por CCAA de los gastos y del personal de I+D. Al igual que en la parcela del output, se

¹² Entre las principales publicaciones internacionales que elaboran este tipo de información se encuentran las que se detallan a continuación: *Science and Engineering Indicators*, editada por primera vez en 1972 por el *National Science Board* de Estados Unidos; *Science and Technologie Indicateurs* del *Observatoire des Sciences et des Techniques* de Francia, publicada cada dos años desde 1994; y *European Report on S&T Indicators*, cuya última edición se ha publicado en 2003 por la Comisión Europea. En España, es el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) el organismo encargado de confeccionar esta clase de indicadores.

¹³ En el caso de la producción tecnológica, la variable a considerar representativa del output son las patentes, tanto las solicitadas como las publicadas, las cuales se contabilizan en las bases de datos CIBEPAT y EPAT. Este tipo de información no está disponible a escala autonómica.

¹⁴ Este Proyecto actualiza y completa el trabajo anterior "Indicadores de Producción Científica de la Comunidad de Madrid 1997-1999", incluido en la monografía *Capital Intelectual y Producción Científica*, publicado en 2002.

¹⁵ En concreto, este tipo de información se obtiene a partir de un conjunto de bases de datos nacionales e internacionales. Así, para las dos primeras áreas de conocimiento citadas se ha empleado tanto la base de datos internacional del *Institute for Scientific Information* (ISI) de Estados Unidos como las nacionales elaboradas por el CSIC: ICYT (Ciencia y Tecnología) e IME (Ciencias Médicas), respectivamente. Sin embargo, para el caso de las Ciencias Sociales y Humanidades únicamente se dispone de la información contenida en la base de datos nacional ISOC elaborada por el CSIC, ya que su impacto internacional es menor.

¹⁶ El INE ha confeccionado *La estadística de I+D en España: 35 años de historia (1964-2001)* siguiendo las recomendaciones dictadas por la OCDE (1993) en el manual Frascati, donde se proporcionan las definiciones y clasificaciones de I+D aceptadas internacionalmente.

depura la estadística considerando únicamente las cifras relativas a la administración y organismos públicos.

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 (comprende a los trabajadores, cualificados o no, y 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).

El tercer *input* seleccionado consiste en el “gasto en actividades de I+D”, expresado en términos relativos, que representa las cantidades destinadas a actividades de I+D, realizadas dentro de la universidad o centro investigador (gastos internos) o fuera de éstos (gastos externos). La ausencia de datos nos ha impedido utilizar otros inputs adicionales que nos permitan mejorar la caracterización de la función de producción, como es el caso de del stock de capital público destinado a la política de I+D y distribuido espacialmente por CCAA.

En definitiva, tal y como se refleja en el **cuadro 2**, los datos correspondientes al output (producción científica) e inputs (investigadores, resto de personal y gasto en actividades de I+D) empleados corresponden a la media del período objeto de estudio (1999-2001),

evitando así que los resultados obtenidos puedan estar influenciados por la coyuntura económica de un determinado ejercicio¹⁷.

Cuadro 2: Estadísticos descriptivos de output e inputs (1999-2001)

	<i>Media</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Coefficiente variación</i>
Producción científica	1601,49	1985,896	1,2400
Investigadores	1540,93	1751,134	1,1364
Resto personal	1006,93	1614,280	1,6031
Gasto I+D	1,77	0,633	0,3567

Fuente: elaboración propia

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 registradas¹⁸. 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 variables¹⁹. Teniendo en cuenta que la evaluación que aquí se realiza considera diecisiete unidades productivas y cuatro variables representativas del proceso productivo (un output y tres inputs), se cumple la recomendación anterior.

3.2 Descripción del modelo DEA utilizado.

Desde el punto de vista de la teoría económica convencional, cualquiera que sea el concepto de eficiencia empleado se caracteriza por relacionar los inputs empleados con los outputs alcanzados, de modo que se ofrezca información sobre el uso racional o no de los factores productivos. Entre los diversos tipos de eficiencia que podemos distinguir en un proceso productivo²⁰, en este ámbito resulta interesante conocer el nivel de eficiencia técnica; es decir, analizar si a partir de la tecnología disponible se

¹⁷ 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.

¹⁸ El número de dimensiones libres se reduce a media 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.

¹⁹ Aunque autores como Pedraja, Salinas y Smith (1999) opinan que esta regla no está adecuadamente fundamentada.

maximiza el output conseguido a partir de unos inputs determinados (eficiencia en términos de output) o, a la inversa, se minimiza la cantidad consumida de los inputs para obtener un producto determinado (eficiencia en términos de input). No obstante, la inclusión en nuestro análisis una variable monetaria (y no física) , el gasto en actividades en I+D (expresado en términos relativos), ante la escasez de información desagregada a nivel autonómico, impide identificar el concepto de eficiencia aquí evaluado con el de eficiencia técnica. En todo caso, se puede hablar de un concepto “híbrido” de eficiencia, próximo al de eficiencia técnica aunque no idéntico, tal y como señalan Pedraja y Salinas (1996)²¹.

Para llevar a cabo esta evaluación se emplea una técnica no paramétrica²², el Análisis Envoltente 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 público²³.

Esta técnica permite obtener una medida de la eficiencia de cada unidad productiva en términos de input o en términos de output. En esta investigación se ha optado por medir la segunda, la eficiencia en términos de output, ya que es la orientación que mejor se adecua a las características de esta investigación. En consecuencia, una comunidad autónoma será calificada como ineficiente en relación a la gestión de su política de I+D

²⁰ Un estudio detallado sobre los distintos tipos de eficiencia se recoge en Albi (1992), Bosch, Pedraja y Suárez (1998), Pedraja y Salinas (1995).

²¹ Además, en nuestro país otros trabajos como el de Prior, Verges y Vilardell (1993) también utilizan variables físicas y monetarias para la evaluación de la eficiencia pública, en este caso del servicio municipal de recogida de residuos sólidos urbanos, ya que entre los inputs se considera el coste del servicio. Por otro lado, a nivel internacional, Smith y Mayston (1987), entre otros, también consideran variables físicas y monetarias en la medición de la eficiencia del servicio público de educación.

²² 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).

²³ 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.

cuando se observe que existe otra que, con los mismos recursos (inputs), produce mayor cantidad de output. Esta elección por la perspectiva basada en la maximización del output se explica, en primer lugar, por el hecho de que los recursos productivos en I+D suelen estar sometidos a fuertes restricciones presupuestarias e institucionales, en particular, el nivel de gasto en I+D y la contratación de personal está muy limitado 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 personal, 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 comunidades autónomas se ejerce sobre la producción científica (output), mientras que la mayor parte de los inputs le vienen fijados, la evaluación parece lógico debe hacerse en términos de maximización de output²⁴.

3.3. Caracterización de los rendimientos de escala.

El Análisis Envoltente de Datos 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 (CCAA), utilizando como variable *proxy* el número de personal total empleado (investigadores y resto de personal) en I+D²⁵.

²⁴ Argumentos similares son lo apuntados por Martínez Cabrera (2003) para el caso de la enseñanza superior.

²⁵ La utilización del “personal empleado” como aproximación al tamaño de una unidad productiva se sugiere también por Pedraja y Salinas (1995) para el caso del servicios de justicia.

Cuadro 3.- 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	0,826303	0,05118	16,1	0,000
Total personal	1,32487e-005	1,249e-005	1,06	0,306
$R^2 = 0,0697496$	$F(1,15) = 1,125 (0,306)$	$DW = 2,35$		

Fuente: elaboración propia

Se evidencia a partir de los resultados obtenidos de la ecuación de regresión que aparecen en el **cuadro 3**, que la escala de operaciones de las entidades consideradas (CCAA) no es estadísticamente significativa para explicar los índices de eficiencia. Por tanto, este resultado implica que la tecnología de producción ofrece rendimientos constantes a escala.

Un segundo procedimiento que nos permite conocer la naturaleza de los rendimientos a escala consiste simplemente en calcular el coeficiente de correlación entre los índices de eficiencia de las distintas CCAA, 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 del 84,76%.

Cuadro 4.- Coeficientes de correlación entre los índices de eficiencia con modelo CRS y VRS

	CRS	VRS
CRS ⁽¹⁾	1,000	0,81583
VRS ⁽²⁾	0,81583	1,000

(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 distintas CCAA, 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 5**, la mayor parte de las CCAA muestran un índice de eficiencia igual a la unidad 1 o muy próximo. Por tanto, las CCAA 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 1 (como es el caso de La Rioja), puede presentarse algún caso de ineficiencia de escala.

Cuadro 5.- Eficiencia de escala de las CCAA de España

Comunidad Autónoma	Índice de eficiencia a escala
Andalucía	0,957
Aragón	1,000
Asturias	0,991
Baleares	0,851
Canarias	0,907
Cantabria	1,000
Castilla-León	0,985
Castilla-La Mancha	1,000
Cataluña	1,000
Comunidad Valenciana	0,990
Extremadura	0,938
Galicia	0,982
Madrid	1,000
Murcia	0,987
Navarra	1,000
País Vasco	1,000
Rioja	0,648

Fuente: elaboración propia

En definitiva, los tres contrastes efectuados nos permiten señalar que la tecnología de producción se caracteriza por presentar rendimientos constantes a escala. Este 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, 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 velocidad de la misma entre los

directores de los equipos de investigación que les permitan generar economías de escala en los conocimientos.²⁶

3.4. Resultados.

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, 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:

$$Max \theta_0$$

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

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

inputs, respectivamente. Además, en nuestro estudio n coincide con las 17 CCAA consideradas; r con la unidad (al considerar un solo output, la producción científica) y m representa los tres inputs empleados (investigadores, resto de personal y gasto en I+D).

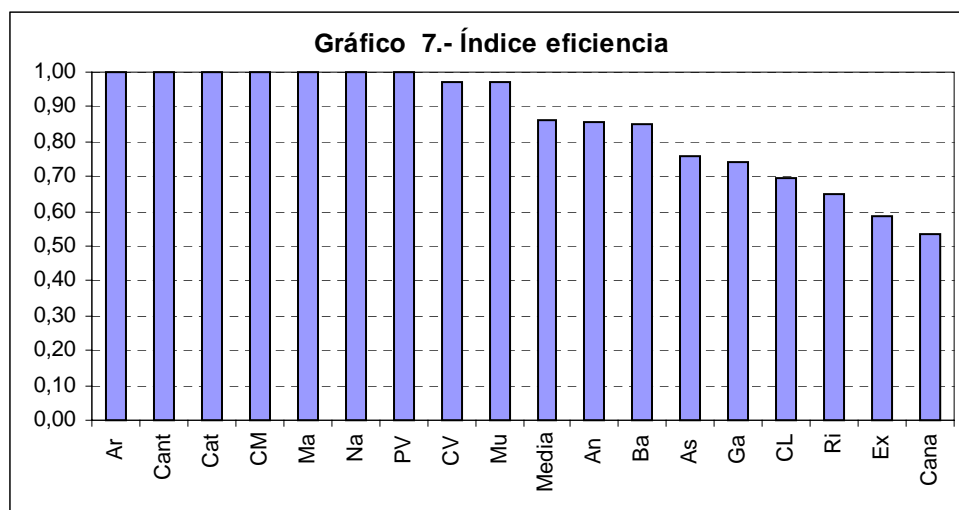
En ausencia de restricciones en las ponderaciones, el índice de eficiencia se interpreta como una medida radial, que nos informa sobre la expansión del output sobre el nivel actual necesaria para que una unidad productiva sea eficiente. Así, una unidad será eficiente cuando $\theta_0 = 1$ y además todas 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 comunidad autónoma se presentan en el **cuadro 6**. De las diecisiete CCAA evaluadas, siete son relativamente eficientes (Aragón, Cantabria, Castilla-La Mancha, Cataluña, Madrid, Navarra y País Vasco), lo que representa aproximadamente el 41,18% de la muestra²⁸. A la cola de esta ordenación se encuentran Canarias (53,20%), seguida de Extremadura (58,50%), La Rioja (64,80%) y Castilla-León (69,80%). La eficiencia media es del 86% (es decir, por término medio, las CCAA podrían aumentar su producción científica en un 14% a partir del consumo observado de inputs), y si sólo se consideran las CCAA ineficientes, se reduce dicha media a un 76,21%, por lo que existe un cierto margen de mejora potencial.

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.

Cuadro 6.- Índice de eficiencia y holuras						
COMUNIDAD AUTÓNOMA	índice eficiencia	nº veces que sale	Holguras inputs			Holguras output
			Investigadores	Resto personal	Gasto	
Andalucía	0,859	0	322,027	0,000	0,000	0,000
Aragón	1,000	8	0,000	0,000	0,000	0,000
Asturias	0,761	0	0,000	0,000	0,399	0,000
Baleares	0,851	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Canarias	0,532	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Cantabria	1,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
Castilla-León	0,698	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Castilla- La Mancha	1,000	4	0,000	0,000	0,000	0,000
Cataluña	1,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
Comunidad Valenciana	0,973	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Extremadura	0,585	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Galicia	0,743	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Madrid	1,000	1	0,000	0,000	0,000	0,000
Murcia	0,971	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Navarra	1,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000
País Vasco	1,000	5	0,000	0,000	0,000	0,000
Rioja	0,648	0	0,000	0,000	0,084	0,000
Media	0,860		18,943	0,000	0,005	

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Los **cuadros 8 y 9** muestran los estadísticos descriptivos de los inputs y de los outputs para cada grupo de CCAA eficientes e ineficientes, respectivamente. Se detectan diferencias entre los dos grupos de CCAA cuando se comparan los valores medios de cada variable. En este sentido, las CCAA eficientes presentan una producción científica

media mayor, 2.228,87 publicaciones, mientras que la de las ineficientes es tan sólo de 1.162,31 publicaciones. Esta diferencia también es patente en el caso de los inputs relacionados con el personal empleado, tanto investigadores como resto del personal. Sin embargo, resulta poderosamente llamativo que la media de gasto en I+D presenta valores muy similares entre los dos grupos de CCAA, lo que puede estar poniendo de manifiesto que las comunidades 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 8: Estadísticos descriptivos de las CCAA eficientes

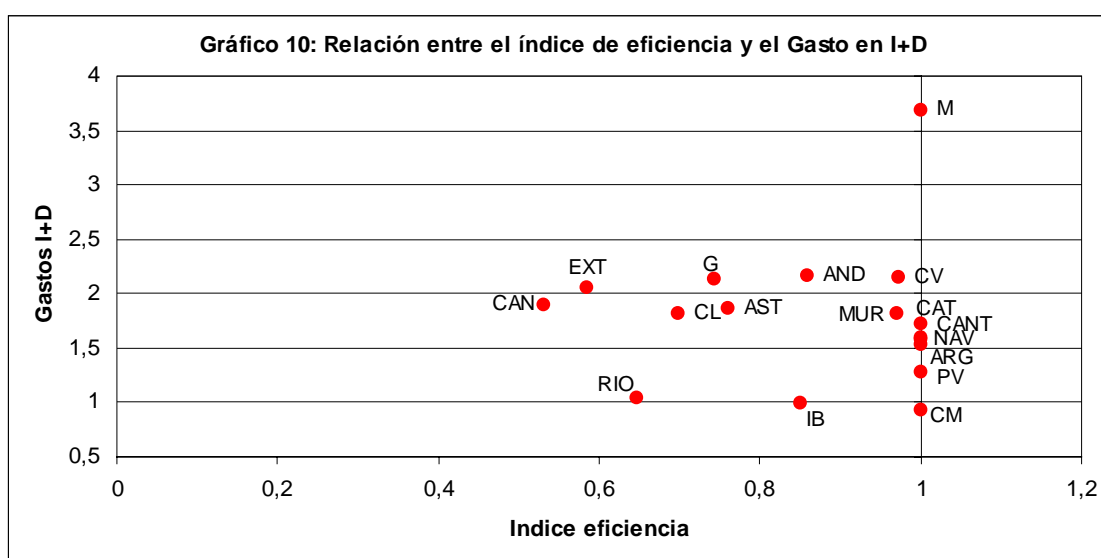
	<i>Media</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Coefficiente variación</i>
Producción científica	2228,87	2807,59	1,26
Investigadores	1909,76	2380,12	1,25
Resto personal	1482,58	2412,93	1,63
Gasto I+D	1,76	0,89	0,51

Fuente: elaboración propia

Cuadro 9: Estadísticos descriptivos de las CCAA ineficientes

	<i>Media</i>	<i>Desviación standard</i>	<i>Coefficiente variación</i>
Producción científica	1162,31	1111,61	0,95
Investigadores	1282,75	1222,69	0,95
Resto personal	673,98	672,36	0,99
Gasto I+D	1,79	0,43	0,24

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

El **gráfico 10** refleja la relación que existe entre el nivel de eficiencia de una Comunidad Autónoma y su gasto en I+D. De él se desprende como algunas CCAA, como Andalucía, Galicia, Extremadura o la Comunidad Valenciana no son eficientes, y sin embargo gastan más en I+D que otras que sí son eficientes (Castilla La Mancha, País Vasco, Aragón, Navarra o Cantabria). Dicho gráfico también refleja cómo algunas Comunidades, como Madrid, aún siendo igualmente que eficiente que otras, presenta un gasto considerablemente mayor que ellas en I+D.

Cuadro 11: Grupos de referencia para las CCAA

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Grupos de referencia		
Andalucía	País Vasco	Cataluña	
Aragón	Aragón		
Asturias	País Vasco	Aragón	Cantabria
Baleares	Cantabria	Aragón	Castilla- La Mancha
Canarias	País Vasco	Cataluña	Aragón
Cantabria	Cantabria		
Castilla-León	Aragón	País Vasco	Cataluña
Castilla- La Mancha	Castilla- La Mancha		
Cataluña	Cataluña		
Comunidad Valenciana	Aragón	Cataluña	Madrid
Extremadura	Castilla- La Mancha	Cantabria	Aragón
Galicia	País Vasco	Cataluña	Aragón
Madrid	Madrid		
Murcia	Cantabria	Aragón	Castilla- La Mancha
Navarra	Navarra		
País Vasco	País Vasco		
Rioja	Castilla- La Mancha	Cantabria	

Fuente: elaboración propia

Uno de los principales inconvenientes que plantea el Análisis Envoltante de Datos es su incapacidad para discriminar entre las unidades productivas eficientes. Con el fin de calificar este tipo de CCAA, 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 Aragón (8 veces), que ocupa el primer lugar. Por el contrario, las unidades menos eficientes según este filtro son Navarra y Madrid. Cuando una unidad aparece exclusivamente en su

grupo de referencia, su eficiencia puede ser sospechosa. Esto parece suceder en el caso de Navarra²⁹ (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 12** recoge los posibles objetivos del output. Éstos se obtienen aplicando, por un lado, la diferencia entre la unidad y el índice de eficiencia a los valores reales del output y, por otro, las correspondientes variables de holgura a dichos valores³⁰.

Como se desprende de los datos de este cuadro, por término medio, la producción podría incrementarse en un 14% si los inputs se utilizasen de forma óptima. Debe destacarse sin embargo, los casos de Canarias (46,8%) y Extremadura (41,5%) por estar muy por debajo de la media, pues con los inputs que emplean podrían aumentar su producción científica significativamente. Algo muy distinto les ocurre a la Comunidad Valenciana (2,7%) y a Murcia (2,9%).

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.

³⁰ Debe señalarse en este análisis que las variables de holgura correspondientes al producto público son nulas para todas las CCAA 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).

**Cuadro 12.- Producción científica potencial de las CCAA
ineficientes**

	Índice de eficiencia	Producción científica potencial de las CCAA ineficientes (%)
Andalucía	0,859	14,1
Asturias	0,761	23,9
Baleares	0,851	14,9
Canarias	0,532	46,8
Castilla-León	0,698	30,2
Comunidad Valenciana	0,973	2,7
Extremadura	0,585	41,5
Galicia	0,743	25,7
Murcia	0,971	2,9
Rioja	0,648	35,2
Media	0,860	14

Fuente: elaboración propia

Debe señalarse en este análisis que las variables de holgura correspondientes al producto público son nulas para todas las CCAA 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 CCAA 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.

4. CONCLUSIONES.

El análisis realizado en este trabajo constituye una primera aproximación a la medida de la eficiencia en las políticas públicas de I+D en nuestro país y en el ámbito autonómico mediante la aplicación del Análisis Envolvente de Datos.

Entre las principales ventajas del análisis aquí efectuado, hay que destacar, en primer lugar, el ofrecer evidencia empírica que demuestra la posibilidad de medir la eficiencia en este tipo de política pública y en el ámbito autonómico. En segundo lugar, ha permitido identificar las CCAA relativamente eficientes, y cuantificar los objetivos de consumo y producción óptimos para el caso de las ineficientes, ofreciéndose así una primera referencia productiva que les permita mejorar su grado de eficiencia.

En cuanto a los resultados obtenidos, cabe señalar que la tasa de eficiencia media registrada a lo largo del trienio 1999-2001 es relativamente elevada, del 86%, por lo que existe un margen de mejora en la utilización de los recursos públicos por parte de las CCAA en la gestión de sus políticas de I+D. De esta cifra se deriva que, por término medio, podrían aumentar su producción científica en un 14% a partir del consumo de sus actuales niveles de factores productivos.

Por el contrario, la evaluación aquí desarrollada también presenta ciertas limitaciones. En este sentido, debe señalarse que en esta investigación a las debilidades propias de esta técnica (fundamentalmente, su carácter no estadístico, que impide disponer de algún tipo de test que contraste la solidez de los resultados, y la sensibilidad de los resultados a las observaciones extremas (*outliers*)), se añaden las limitaciones que impone la escasez de información estadística sobre este tipo de actividad productiva pública, fundamentalmente por el lado del output. Precisamente, debido a este déficit informativo no es posible contar con especificaciones alternativas de este modelo que consideren otros outputs distintos a la producción científica u otros inputs representativos, como es el stock de capital utilizado en esta actividad y distribuido espacialmente por CCAA, y en consecuencia, no es factible practicar un análisis de sensibilidad adecuado que compruebe la robustez de los resultados obtenidos.

En suma, mediante este tipo de análisis se ha pretendido abrir una nueva línea de investigación, con la eficiencia y la política de I+D como protagonistas, de modo que se añadan nuevos instrumentos de evaluación a este tipo de intervención pública y

distintos a los tradicionales datos del esfuerzo inversor ejecutado y los indicadores representativos de la calidad de este tipo de intervención pública. Si tradicionalmente se han tildado de insuficientes los recursos destinados a I+D en nuestro país, los que se doten presupuestariamente deberán utilizarse con la mayor racionalidad posible. En este sentido, los resultados que arroja este trabajo pueden resultar de una gran utilidad en la actualidad y en el futuro a corto y medio plazo, conforme se vaya mejorando la disponibilidad y representatividad de la información estadística al respecto al irse ejecutando los sucesivos planes nacionales de I+D .

5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBI, E. (1992): "Evaluación de la eficiencia pública. El control de eficiencia del Sector Público", *Hacienda Pública Española*, nº 120/121, págs. 299-316.

ALCHIAN, A.A. y DEMSETZ, H. (1972): "Production, information cost and economic organization", *American Economic Review*, 62, págs. 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*, vol. 30, núm. 9, págs. 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*, vol. 5, págs. 125-163.

BANKER, R. D. Y MOREY, R. C. (1986): "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Ouputs", *Operations Research*, vol. 34, nº 4, págs. 513-521.

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”, *Revista Hacienda Pública Española*, nº 143, págs: 3-16. Instituto de Estudios Fiscales, Ministerio de Economía y Hacienda. Madrid.

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

COELLI, T. (1996): *A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program*, Working Paper 96/08, Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA), University of New England, Armidale.

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

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*, nº 2, págs. 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, págs. 429-444.

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*, vol. 32, Issue 3, págs. 1147-1175.

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

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*, nº148, págs. 131-148.

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

GOLANY, B. Y ROLL, Y. (1989): "An application procedure for DEA", *Omega International Journal of Management Science*, vol. 17, nº 3, págs. 237-250.

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*, vol. 17, núm. 6, págs. 315-328.

INE (2003a): *Estadísticas sobre las Actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (I+D) 2001*, Madrid.

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

KITTELSEN, S. A. C. Y FORSUND, F. R. (1992): "Efficiency Analysis of Norwegian District Courts", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 3, nº 3, págs. 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.

LEY, E. (1991): "Eficiencia productiva: un estudio aplicado al sector hospitalario", *Investigaciones Económicas*, 15(1), págs. 71-88.

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*, nº 95, Fundación de las Cajas de Ahorros (Funcas), Madrid.

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

LUNDEVALL, 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.

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.

NUNAMAKER, T.R. (1985): "'Using Data Envelopment Analysis to Measure the Efficiency of Non-Profit Organizations: A Critical Evaluation", *Managerial and Decision Economics*, vol. 6, nº 1, págs. 50-58.

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

OCDE (1993): *Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. Frascati Manual*, 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*, nº 128, págs.117-131.

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

PEDRAJA, F. Y SALINAS, J. (1996): “Eficiencia del Gasto Público en Educación Secundaria: Una aplicación de la Técnica Envolvente de Datos”, *Hacienda Pública Española*, nº 138 - 3, págs. 87-95.

PEDRAJA, F., SALINAS, J. Y SMITH, P. (1999): “On the Quality of the Data Envelopment Analysis Model”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 50, nº 6, págs. 636-644.

PINA, V. Y TORRES, L. (1995): “Evaluación del rendimiento de los departamentos de Contabilidad de las universidades españolas”, *Hacienda Pública Española*, nº 135, págs. 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)., págs. 1002-1037.

ROMER, P. (1990): “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, vol 98 (5-Part II), págs. S71-102.

RUEDA, N. (2003): *La evaluación de la eficiencia global de las Administraciones Públicas*, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.

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.

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

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

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

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