

## ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA<sup>1</sup>

AMPARO SEIJAS DÍAZ

Departamento de Economía Aplicada I

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Universidad de A Coruña

*Recibido:* 9 de diciembre de 2002

*Aceptado:* 9 de noviembre de 2004

---

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es evaluar el performance de los centros de educación secundaria de la provincia de A Coruña partiendo del concepto de función de producción. Para tal fin, se emplea como técnica de estimación de los resultados el análisis envolvente de datos debido a su flexibilidad para adaptarse a las peculiaridades del proceso educativo. Los resultados ponen de manifiesto el elevado nivel de eficiencia técnica de los institutos analizados, así como el papel fundamental que desempeñan los factores no controlables por el gestor.

**Palabras clave:** Eficiencia técnica / Función de producción educativa / Análisis envolvente de datos / Educación.

### ANALYSIS OF TECHNICAL EFFICIENCY IN THE SECONDARY EDUCATION

**Abstract:** The objective of this study is to evaluate the performance of the secondary education centres of A Coruña in Spain using the concept of production function. To this end Data Envelopment Analysis is used, since it is inherently flexible and therefore most suited to the peculiarities of the education process. The results clearly demonstrate that the technical efficiency of the centres analysed is extremely high and that the factors, which do not come under the auspices of the manager i.e. the non-controllable factors, are fundamental to the efficiency of the centre.

**Keywords:** Technical efficiency / Educational production function / Data envelopment analysis / Education.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El interés por evaluar la eficiencia de los procesos educativos se debe principalmente a la importancia que tienen sus efectos tanto sobre el conjunto de la economía como sobre el bienestar de la población. La inversión en capital humano, la mejora de la productividad y los mayores ingresos que perciben los individuos más formados contribuyen de manera decisiva al aumento de la riqueza de un país. Por su parte, las externalidades positivas generadas por la educación suponen un gran beneficio para la sociedad en su conjunto, ya que disminuyen los niveles de pobreza y favorecen la convivencia entre sus ciudadanos.

Los investigadores en el campo de la economía de la educación no han sido ajenos a estos temas y han dedicado una gran parte de sus esfuerzos a evaluar la eficiencia interna de las organizaciones educativas. En este sentido, destacan a partir

---

<sup>1</sup> Este trabajo fue presentado al *III Oviedo Workshop on Efficiency and Productivity* (Oviedo, 4-6 de julio de 2002) y al *IX Encuentro de Economía Pública. Hacienda Pública y Medio Ambiente* (Vigo, 7-8 de febrero de 2002).

de la segunda mitad de los años setenta los trabajos que abordan el análisis de la eficiencia en la educación no universitaria mediante la estimación de una función de producción con técnicas no paramétricas<sup>2</sup>. En nuestro país, la preocupación por medir la eficiencia de las unidades que ofrecen servicios educativos es relativamente reciente destacando por su importancia las investigaciones desarrolladas por Pedraja y Salinas (1996), por Mancebón (1996, 1998, 1999) y por Muñiz (2000, 2001, 2002).

Las formulaciones que se exponen en estos trabajos coinciden en la consideración del proceso de producción de cualquier unidad educativa como una función de naturaleza productiva, que represente una relación técnica entre un conjunto de factores productivos que se combinan adecuadamente para obtener ciertos outputs. Esta función determina el máximo nivel de output que se puede alcanzar a partir de un conjunto de inputs y de tecnología o, lo que es lo mismo, la cantidad mínima de inputs necesaria para obtener un nivel dado de outputs. A partir de la delimitación de esta función se pueden construir indicadores complejos que den información sobre el nivel de eficiencia relativa de los centros educativos evaluados.

El objetivo de este trabajo es medir y evaluar los niveles de eficiencia técnica de los institutos de educación secundaria de la provincia de A Coruña para los cursos académicos 95/96, 96/97, 97/98 y 98/99. Para estimar esa función empleamos el análisis envolvente de datos (DEA)<sup>3</sup>, dada su flexibilidad para adaptarse a las peculiaridades que presentan los servicios educativos (intangibles, multiproducto, no existe un precio real que sirva de soporte para valorarlos monetariamente). Los resultados revelan unos elevados niveles de eficiencia técnica de las unidades educativas evaluadas, así como el papel predominante de los factores del entorno.

Esta investigación se ha estructurado del siguiente modo. En primer lugar, se analizan los conceptos y las técnicas existentes, a la vez que se justifica la noción de eficiencia que vamos a emplear y el método de estimación de los resultados. En segundo lugar, se estudian los fundamentos de la función de producción educativa, pues constituye la referencia para la medición de la eficiencia. En tercer lugar, se delimita la muestra, se seleccionan las variables que representan nuestra realidad particular y se determina el modelo DEA que se empleará. Posteriormente, se realiza la evaluación de la eficiencia de los distintos centros de educación secundaria y se comprueba la robustez de los resultados; para finalizar se resumen las principales conclusiones.

---

<sup>2</sup> Algunos de los principales trabajos son los de Bessent y Bessent (1980); Charnes, Cooper y Rhodes (1981); Bessent, Bessent, Elam y Long (1984); Jesson, Mayston y Smith (1987); Smith y Mayston (1987); Mayston y Jesson (1988); Färe, Grosskopf y Weber (1989); Norman y Stoker (1991); Ray (1991); Ganley y Cubbim (1992); McCarthy y Yaisawarng (1993); Thanassoulis y Dunstan (1994); Lovell, Walters y Wood (1994); Chalos y Cherrian (1995); Ruggiero, Duncombe y Miner (1995); Engert (1996); Ruggiero (1996a, 1996b); Noulas y Ketkar (1998); Thanassoulis (1999); Ruggiero y Vitaliano (1999) y Mancebón y Mar Molinero (2000).

<sup>3</sup> Análisis envolvente de datos es la traducción al castellano de *Data Envelopment Analysis*, que en muchas ocasiones denominaremos como modelo o técnica DEA.

## 2. LA EFICIENCIA EN EL SECTOR EDUCATIVO: CONCEPTOS Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN

El análisis de la eficiencia de las unidades que operan en el sector público y, por lo tanto, de los centros de educación, suele reducirse a un problema de *eficiencia técnica* (ratio que mide la relación óptima entre inputs y outputs), debido a que este concepto cumple una serie de requisitos que lo hacen adecuado para tal fin<sup>4</sup>.

En primer lugar, esta definición de eficiencia se fija en las cantidades y no en los valores monetarios, solucionando los problemas que surgen cuando analizamos actividades donde no existe mercado y el componente social es importante. En segundo lugar, partiendo de la multiplicidad y complejidad de los objetivos públicos, este criterio permite realizar una selección racional de dichos objetivos que garantiza alcanzar un nivel de rendimiento adecuado. En tercer lugar, esta acepción del término eficiencia es la que mejor se adapta para tipificar el comportamiento de las unidades de decisión que no actúan bajo la disciplina de mercado ni poseen una estructura organizativa y de control adecuada<sup>5</sup>.

El concepto de *eficiencia técnica* puede descomponerse en *eficiencia técnica pura* y *eficiencia técnica de escala*. La primera se refiere a la utilización óptima de factores productivos que permiten maximizar el output mientras que la segunda mide el grado en que una unidad productiva opera en la dimensión óptima; es decir, considera el tamaño de la planta y está asociada a la existencia de rendimientos variables a escala (Banker, Charnes y Cooper, 1984).

Por otra parte, para medir el *performance* de los centros de educación secundaria de la muestra se necesita seleccionar algún método de estimación que permita obtener indicadores de su nivel de eficiencia técnica. En la literatura existen diferentes metodologías para evaluar y para calcular la eficiencia de las unidades que gestionan recursos. Esas técnicas se agrupan básicamente en dos grandes bloques: los modelos que utilizan una función frontera y los que no emplean la función frontera<sup>6</sup>.

En las *aproximaciones no frontera* no se requiere la formulación explícita de un concepto de frontera que delimite el espacio de situaciones posibles, por lo cual no es necesario realizar supuestos fuertemente restrictivos acerca del comportamiento de las unidades que son objeto de evaluación. Así, la utilización de este tipo de técnicas no suele presentar dificultades importantes a la hora de medir empíricamente las actuaciones de determinadas unidades de gestión, pero existe el inconveniente de que las conclusiones de esos resultados pueden ser muy simplistas y, en muchos

---

<sup>4</sup> Frente al concepto de eficiencia técnica está el de eficiencia asignativa que mide las combinaciones óptimas de inputs dados sus precios. Ambas aproximaciones constituyen la eficiencia económica o global.

<sup>5</sup> Para profundizar en el estudio de las características de la producción en el sector público y la conveniencia de emplear una medida de la eficiencia técnica, véanse Pedraja, Salinas y Suárez (2001).

<sup>6</sup> Una interesante revisión sobre los modelos frontera la tenemos en Forsund, Lovell y Schmidt (1980).

casos, no reflejan el nivel de eficiencia global de todos los factores empleados por dichas organizaciones.

Por su parte, la *metodología frontera* parte de la existencia de una frontera que estará representada por una función que puede ser de producción, de beneficios o de costes<sup>7</sup> y que se puede estimar a través de técnicas de *carácter paramétrico o no paramétrico*. Las primeras requieren la definición y la construcción de una forma funcional concreta de tipo *Cobb-Douglas*, *elasticidad de sustitución constante (CES)* o *translog*, mientras que en las segundas no se necesita explicitar ninguna función. Para ambos casos, se interpretarán como unidades eficientes aquellas que se localicen sobre la frontera de producción, de beneficios o de costes, e ineficientes las que se sitúen por debajo de la función de producción y de beneficios o por encima de la frontera de costes.

Los *modelos de naturaleza no paramétrica* utilizan técnicas de programación matemática para medir y evaluar la eficiencia de las unidades de decisión<sup>8</sup>. En esta categoría hay que destacar el análisis envolvente de datos, a través del cual se puede construir una *frontera* o un *hiperplano* de producción que permita medir la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de decisión que producen similares outputs a partir de un conjunto común de inputs. La eficiencia se puede medir *en términos de inputs*, donde la cantidad utilizada de inputs es la variable que se puede alterar, ya que el nivel del output es considerado como un valor dado; o *en términos de output*, interpretándose como la cantidad máxima de output que se alcanzaría a partir de un conjunto de inputs dado.

La técnica DEA fue desarrollada inicialmente por Charnes, Cooper y Rodhes (1978), y puede ser considerada como una aplicación al caso de múltiples outputs del análisis tradicional de ratios propuesto por Farrell (1957). En esta especificación para construir la frontera eficiente se parte de los supuestos de rendimientos constantes a escala, convexidad, así como libre disponibilidad de inputs y de outputs.

Posteriormente, Banker, Charnes y Cooper (1984) desarrollaron un modelo similar al anterior, pero eliminaron el supuesto de rendimientos constantes a escala, construyendo una frontera más flexible que se adapta mejor a las distintas escalas de producción que las unidades de decisión pueden presentar<sup>9</sup>. Unos años más tarde Banker y Morey (1986)<sup>10</sup>, además de incorporar el supuesto de rendimientos variables a escala, tratan la problemática de las variables no controlables por el gestor.

---

<sup>7</sup> Estas fronteras se pueden definir en términos absolutos (cuando se construyen a partir de todas las observaciones que obedecen a una determinada tecnología) o de "mejor práctica" (cuando se construyen a partir de una muestra de observaciones que utilizan la misma tecnología). Esta última conceptualización de la frontera fue definida por Farrell (1957).

<sup>8</sup> Un análisis de los fundamentos de la programación matemática en relación con la eficiencia está en Ali y Seiford (1993).

<sup>9</sup> El programa lineal desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (1984) se denomina modelo BCC.

<sup>10</sup> Este modelo suele conocerse con las siglas BM.

Dadas las peculiaridades del sector educativo se requiere una técnica muy flexible que permita estimar el conjunto de posibilidades de producción para calcular los índices de eficiencia técnica de las entidades que lo conforman<sup>11</sup>. En este sentido, el análisis envolvente de datos constituye esa herramienta de análisis, debido a que basta con tener un conjunto de observaciones que produzcan similares outputs a partir de un conjunto común de inputs, sin necesidad de conocer la tecnología que subyace a tal proceso. Esto no sucede en la *metodología paramétrica*, ya que se basa en la especificación de una forma funcional determinada, que es la que define la frontera de producción.

La técnica DEA ofrece información muy completa e individualizada de las unidades de decisión analizadas y permite conocer aspectos de interés tanto de los centros eficientes como de los ineficientes<sup>12</sup>. Junto a esto, permite incorporar variables no discrecionales, de naturaleza categórica o, incluso, añadir información procedente de opiniones de expertos, para delimitar el conjunto de empresas eficientes.

### **3. LA EFICIENCIA EN EL SECTOR EDUCATIVO. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA**

El estudio y la medición de la eficiencia de las instituciones educativas nos conduce a buscar un modelo conceptual que sirva de referencia para formalizar su comportamiento productivo. En este sentido, el conocimiento de la función de producción educativa constituye una de las vías más recurrentes en la literatura ya que permite asimilar el proceso educativo al de cualquier empresa.

Por lo general, las funciones de producción se construyen bajo una serie de consideraciones poco realistas que ayudan a representar de manera simplificada la realidad de algunas organizaciones productivas. Así, se considera que dichas funciones son generalmente conocidas por los que toman las decisiones y utilizan un número determinado de inputs para obtener los diferentes outputs. Además, todas estas variables se pueden cuantificar sin dificultad y la relación entre ellas es determinista, es decir, dado un conjunto de inputs siempre se produce la misma cantidad de output. También, todos los inputs pueden ser sustituidos sin ningún tipo de restricción.

Las peculiaridades del ámbito educativo suponen que los supuestos de partida difieran significativamente de lo descrito en el párrafo anterior. La función de

---

<sup>11</sup> En Worthington (2001) se lleva a cabo una revisión de los principales trabajos que utilizan la técnica DEA en el sector educativo.

<sup>12</sup> Gran parte de esta información se refiere a los centros ineficientes (grupo de referencia, niveles óptimos de producción y consumo de recursos e importancia relativa de las variables en las tasas de eficiencia).

producción no es conocida por los responsables de tomar decisiones y debe ser estimada con datos imperfectos. Por su parte, algunos de los inputs importantes no pueden ser sustituidos y en muchos casos el proceso de producción está sujeto a consideraciones de incertidumbre.

La identificación y medición de los outputs y de los inputs del sector educativo no es una tarea fácil de llevar a cabo debido a las especificidades que presentan muchas de las variables que intervienen en el proceso de producción de los servicios educativos. De este modo destacan la naturaleza intangible (habilidades cognitivas, actitudes, comportamiento social, entre otros) y el carácter múltiple (atributos cualitativos diferentes) del output escolar.

El proceso de aprendizaje humano tiene naturaleza acumulativa, siendo los resultados educativos de un momento determinado consecuencia no sólo de lo sucedido en el presente, sino también de lo ocurrido en épocas pasadas. Por otro lado, los servicios educativos públicos no responden a criterios privados de maximización del beneficio, dado que sus objetivos tienen un matiz más social y los precios, si existen, están desligados de las características que definen los mercados competitivos.

Además, en la formación del output educativo no sólo intervienen los factores de producción directamente relacionados con los centros educativos sino que elementos como las características de los individuos y de su entorno también desempeñan un papel fundamental dentro del proceso. Cabe aclarar que los factores de ámbito extra-escolar están fuera del control de los responsables en materia educativa, lo que añade un inconveniente más en el cometido de construir una función de producción educativa.

En este contexto, Hanushek (1972, 1979) considera que el rendimiento escolar de un estudiante depende de la conjunción de cuatro grupos de factores: las características del entorno familiar (*family background*), las habilidades innatas y demás peculiaridades internas del estudiante (*student inputs*), las características del grupo de compañeros (*peer group input*) y los recursos o factores escolares (*school input or factor*). Así, la mayor parte de la literatura expresa la función de producción educativa como un proceso que se sintetiza mediante la siguiente relación:

$$A_{it} = g(F_i^{(t)}, P_i^{(t)}, I_i, S_i^{(t)}) \quad (1)$$

donde  $A_{it}$  es un vector (o conjunto multidimensional) de los *logros del estudiante* en el momento de tiempo  $t$ ;  $F_i^{(t)}$  es un vector que recoge las *características familiares* del estudiante en el momento de tiempo  $t$ ;  $P_i^{(t)}$  es un vector de las *características del grupo de compañeros* en el momento de tiempo  $t$ ;  $I_i$  es un vector de las *dotaciones iniciales o innatas* y del resto de *características propias* del estudiante; y, por último, está  $S_i^{(t)}$  es un vector de *inputs escolares* relevantes para el estudiante en el momento de tiempo  $t$ .

En definitiva, cualquier intento de estimar el comportamiento productivo de las unidades de decisión educativas debe de contemplar un análisis riguroso de cada uno de los elementos mencionados en el párrafo anterior<sup>13</sup>. En nuestro caso particular, hemos atendido a estas recomendaciones a la hora de seleccionar las variables que definen el proceso productivo de la realidad sometida a estudio. Existiendo, como única limitación, la impuesta por la información estadística disponible.

#### **4. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Una vez tratadas las principales cuestiones conceptuales y seleccionada la metodología DEA como técnica de estimación de los resultados, estamos en condiciones de definir y de seleccionar las unidades objeto de análisis, de determinar las variables relevantes y de especificar el modelo DEA que se emplearán<sup>14</sup>.

##### **4.1. DELIMITACIÓN DE LA MUESTRA**

La definición y la selección de las unidades de decisión que formarán parte de la muestra y servirán de referencia para caracterizar el comportamiento productivo de los centros de educación secundaria en la provincia de A Coruña debe guiarse por la consideración de una serie de aspectos entre los que destacan: el grado de homogeneidad de las observaciones, el número de unidades que se incluirán y los ámbitos geográfico y temporal<sup>15</sup>.

La metodología DEA requiere que las distintas unidades de decisión y gestión observadas sean comparables entre sí. Por lo tanto, los centros considerados han de realizar similares tareas, cumplir los mismos objetivos, estar sometidos a las mismas condiciones de mercado, y las variables que determinan su comportamiento deben de ser similares, salvadas las diferencias en intensidad y magnitud.

La consideración de los tres primeros supuestos nos lleva a excluir de la muestra tanto a los centros privados como a los públicos que no imparten segundo de bachillerato o COU. Por su parte, si se toma como referencia el último requisito,

---

<sup>13</sup> Véase el trabajo de Cohn y Milamans (1975) en el que se describen cada uno de los elementos que integran la función de producción educativa.

<sup>14</sup> Para Golany y Roll (1989) éstas son las fases previas antes de analizar los resultados con la técnica DEA.

<sup>15</sup> Véase Golany y Roll (1989), donde se tratan estos aspectos con profundidad.

parece conveniente eliminar de la muestra los centros LOGSE, debido a las claras divergencias estadísticas que existen entre los datos<sup>16</sup>.

Por lo que respecta al tamaño de la muestra, es conveniente tener presente una regla bastante generalizada que recomienda que el número de unidades a incluir debe ser al menos tres veces el número de variables (input/output). En nuestro caso particular y dado que contamos con tres outputs y con tres inputs (tal y como veremos en el subepígrafe siguiente), el número de observaciones debe ser al menos de 18. Este criterio se cumple sobradamente para los centros de educación secundaria que forman parte de la muestra cuyo número es de 188<sup>17</sup>.

El análisis de la eficiencia mediante la técnica DEA está también condicionado por la necesidad de delimitar el entorno geográfico en el cual se encuentran localizadas las entidades sometidas a estudio, así como por la determinación del horizonte temporal considerado. El ámbito territorial es la provincia de A Coruña, por ser una área especialmente dinámica que integra satisfactoriamente los diferentes contextos que definen la realidad socioeconómica de la Comunidad gallega. El horizonte temporal está constituido por los cursos escolares 95/96, 96/97, 97/98 y 98/99, para los cuales se cuenta con estadísticas más o menos completas.

#### **4.2. SELECCIÓN DE LAS VARIABLES**

El proceso de selección de las variables constituye uno de los problemas más importantes cuando se pretende estimar el comportamiento productivo de cualquier unidad de decisión a través de modelos DEA. Esto se debe a que los resultados obtenidos con esa técnica pueden ser muy sensibles a las especificaciones dadas a los modelos empíricos. Para salvar esta dificultad es necesario contar con toda la información estadística disponible y elegir aquellas variables que mejor aproximen nuestra realidad, mediante el empleo de técnicas estadísticas o incluso de modelos DEA elementales.

En nuestro análisis contamos con una amplia gama de indicadores para determinar las variables que definen el proceso productivo de los centros de educación secundaria de la muestra. A partir de estos datos, seleccionaremos las variables que nos permitan medir aspectos relacionados con el output educativo, con el entorno

---

<sup>16</sup> Las pruebas de aptitud para el acceso a la universidad (PAAU) tienen distintos contenidos y opciones según se trate de bachillerato COU o LOGSE. La fórmula de cálculo de la variable nota media de expediente para los centros COU se determina a partir de la nota media de BUP, mientras que en los centros LOGSE sólo se considera la nota media del bachillerato postobligatorio (1º y 2º de bachillerato). En los institutos que imparten sus materias de conformidad con la antigua ley educativa, el número total de alumnos matriculados en cada centro coincide plenamente con los matriculados en bachillerato (1º, 2º, 3º de BUP y COU), pero en los centros que imparten LOGSE sólo contamos con la información de los alumnos matriculados en 1º y en 2º de bachillerato.

<sup>17</sup> Esta cifra es el resultado de multiplicar 47 (número de centros considerados cada curso) por 4 (número de cursos académicos).

familiar y escolar y con los factores estrictamente escolares, realizando en cada caso todas las operaciones necesarias para conseguir los indicadores finales<sup>18</sup>.

A continuación detallaremos cada uno de los elementos que determinan la función de producción de los centros educativos sujetos a valoración.

◆ *OUTPUT DE LOS CENTROS ESCOLARES*. La educación es un servicio que actúa sobre individuos de distintas características, por lo que es conveniente medir los resultados de los centros escolares tanto desde una vertiente cuantitativa como cualitativa. La mayoría de los estudios sobre la función de producción educativa utilizan como medida del output las calificaciones obtenidas por los estudiantes en distintas pruebas de aptitud estandarizadas, tratándose de una magnitud de tipo cualitativo del rendimiento escolar. No obstante, y en menor medida, se encuentran trabajos que aproximan los resultados escolares a través de indicadores tales como el número de alumnos que superan un determinado curso escolar, los estudiantes que abandonan con éxito el centro escolar, los ratios de asistencia a clase y las tasas de continuidad o de abandono de la educación formal (Burkhead, Fox y Holland, 1967), siendo medidas que responden a características cuantitativas del resultado de los centros educativos.

En este trabajo se cuenta con información estadística suficiente, facilitada por la Consellería de Educación, para medir estos dos aspectos (cuantitativo y cualitativo) del output escolar. En concreto, disponemos de datos sobre las notas medias de los alumnos de cada centro en las distintas asignaturas evaluadas en las pruebas PAAU y sobre el número de alumnos presentados en cada una de esas materias. También se poseen datos del total de alumnos matriculados en COU. A partir de estas fuentes aproximaremos el output de los institutos públicos de educación secundaria en la provincia de A Coruña para los cursos 95/96, 96/97, 97/98 y 98/99, mediante las siguientes variables:

- Nota media de las pruebas PAAU (junio) para los centros que imparten COU en las especialidades científico-técnica y de ciencias de la salud (*MCAIX*).
- Nota media de las pruebas PAAU (junio) para los centros que imparten COU en las especialidades de humanidades y de ciencias sociales (*MCBX*).
- Número de alumnos aprobados en las pruebas PAAU para los centros que imparten COU en relación con los matriculados en COU (*ALAPTOTAL*).

Las dos primeras variables miden aspectos cualitativos del resultado escolar mientras que la tercera, por el contrario, representa atributos de naturaleza cuantitativa. Por otro lado, hemos incluido los indicadores que recogen los datos de las no-

---

<sup>18</sup> Las variables que miden aspectos sobre el entorno del estudiante y de su grupo de compañeros no son controlables por los gestores educativos.

tas medias de junio debido a su mayor representatividad estadística en relación con las notas medias de septiembre. El tercer output lo definimos en función del número de matriculados en COU en lugar de los presentados a las pruebas PAAU para eliminar los efectos que pueden ocasionar sobre los resultados las estrategias adoptadas por los centros.

◆ *LAS VARIABLES QUE DETERMINAN LOS RESULTADOS ESCOLARES:*

- a) *El entorno familiar y el grupo de compañeros.* El nivel socioeconómico de los estudiantes y del grupo de compañeros son dos de los factores más importantes a la hora de explicar los resultados obtenidos por los alumnos en la escuela. De ahí, la especial consideración que han de tener estas variables en cualquier trabajo empírico, a pesar de las dificultades que pueden existir en la práctica para delimitar esos conceptos.

En este sentido, hemos optado por analizar un conjunto de variables de naturaleza económica, social y demográfica a nivel municipal, para construir una serie de indicadores que aproximen las características socioeconómicas del entorno en el que están localizados los institutos de educación secundaria que van a ser objeto de análisis. Esta información procede de los datos publicados por el Instituto Lawrence R. Klein (1999), los datos base contenidos en el *Padrón municipal de habitantes e estadística de poboación* (1996) y de la información publicada en el anuario *Galicia en cifras* (1998).

Dado el elevado número de variables que estamos manejando y la necesidad de delimitar contextos, una posible solución consiste en utilizar alguna técnica que permita simplificar con criterios coherentes esa información disponible sin perder detalle de las estructuras lógicas subyacentes al conjunto de datos. Para tal fin utilizaremos el análisis factorial y en concreto, dentro de éste, el análisis de componentes principales.

A partir de la información obtenida a nivel municipal con el análisis factorial, se procedió a la elaboración de un indicador sintético que mida los aspectos socioeconómicos del municipio. Para eso se empleó como índice la suma ponderada de los valores de los factores, utilizando para tal ponderación la raíz cuadrada del porcentaje de varianza explicada por cada factor (Aznar Grasa, 1976). Posteriormente, agregamos los factores por distritos escolares, utilizando como factor de ponderación la población en edad escolar del municipio, obteniendo un *índice sintético para cada distrito*<sup>19</sup> (*SINTDISTRIT*).

- b) *Factores escolares.* Este elemento se suele cuantificar mediante los gastos de funcionamiento (excluidos los de personal) y el número de profesores de cada centro. En cuanto a los gastos de funcionamiento de la muestra objeto de estudio, se observó cómo algunos centros escolares recibían una partida extraordi-

<sup>19</sup> Un análisis más detallado de cómo se elaboró el índice sintético lo tenemos en Seijas (2003).

naria procedente del Fondo Social Europeo, cuya finalidad era hacer frente a la puesta en marcha de la reforma educativa y a los ciclos formativos de la formación profesional. En muchos casos estas dotaciones superaban los gastos de funcionamiento corrientes, lo que *a priori* nos llevó a excluir estas partidas extraordinarias de los inputs escolares de la muestra, de modo que sólo consideramos los gastos de funcionamiento de naturaleza ordinaria. Hechas estas aclaraciones, los inputs de naturaleza escolar considerados en nuestro modelo empírico durante los cursos 95/96, 96/97, 97/98 y 98/99 son los siguientes:

- Gastos de funcionamiento de cada centro escolar que imparte COU dividido por el número total de alumnos matriculados en esos centros (*GTOS-FUN*).
- Número total de profesores de cada centro escolar que imparte COU dividido por el número total de alumnos matriculados en esos centros (*RATIO-PROFALUM*).

#### 4.3. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DEA

La heterogeneidad de comportamientos productivos presentados por los distintos centros de educación y la incidencia en los resultados de factores del entorno no controlables por los responsables educativos constituyen cuestiones de interés que es preciso considerar en el momento de especificar nuestro modelo DEA particular. Así, el supuesto de rendimientos variables a escala es fundamental para resolver el primer problema, debido a que permite estimar una frontera muy flexible, capaz de adaptarse a los comportamientos individuales de cada instituto a la vez que informa sobre su dimensión óptima. Para tratar la segunda cuestión se pueden desarrollar programas matemáticos más elaborados en los que algunas variables (outputs o inputs) son determinadas exógenamente<sup>20</sup>.

El modelo envolvente que se empleará para estimar los índices de eficiencia de los institutos de educación secundaria de la provincia de A Coruña debe resolver ambas cuestiones. En este sentido la propuesta realizada por Banker y Morey (1986) es la más adecuada porque permite tratar el problema de los rendimientos variables a escala y el tema de las variables no discrecionales. La formulación matemática de su forma envolvente orientada en términos de inputs para los centros de la muestra es la siguiente:

$$\min \left[ \phi - \varepsilon \left( \sum_{i \in I_d} s_i^- + \sum_{r=1}^3 s_r^+ \right) \right] \quad (2)$$

sujeto a:

<sup>20</sup> En nuestro análisis existen variables que no pueden ser controlables por los responsables de la gestión educativa, o bien sus valores son determinados por unidades de decisión localizadas en un nivel jerárquico superior al centro escolar, como es el caso del índice socioeconómico.

$$\begin{aligned}
\sum_{j=1}^{188} x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \phi x_{i0}; & i \in I_d, \\
\sum_{j=1}^{188} x_{ij} \lambda_j + s_i^- &= x_{i0}; & i \in I_f, \\
\sum_{j=1}^{188} y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= y_{r0}; & r \in \{1, 2, 3\}, \\
\sum_{j=1}^{188} \lambda_j &= 1; \\
\phi, \lambda_j, s_i, s_r &\geq 0 & j = 1, \dots, 188; \quad ; \quad r = 1, 2, 3. \quad I_d \cup I_f = I = \{1, 2, 3\}
\end{aligned}$$

siendo  $x_1$  los gastos de funcionamiento;  $x_2$  el número total de profesores por alumno;  $x_3$  el índice sintético de las características socioeconómicas del distrito escolar;  $y_1$  la nota media de las pruebas PAAU en las especialidades científico-técnica y de ciencias de la salud,  $y_2$  la nota media de las pruebas PAAU en las especialidades de humanidades y de ciencias sociales; e  $y_3$  el número de alumnos aprobados en las pruebas PAAU en relación con los matriculados. Por su parte, los  $\lambda_j$  constituyen los parámetros a partir de los cuales se construye la unidad ficticia de la unidad objeto de evaluación y  $s_i^+$  y  $s_r^-$  son las variables de holgura.

Este programa suministra información sobre el nivel de eficiencia técnica pura, la cual mide la relación óptima entre inputs y outputs, aislando los efectos que la escala de producción puede provocar sobre los resultados de los indicadores de eficiencia. Además, el modelo permite conocer en qué medida se puede reducir la utilización de los inputs discrecionales dado el valor de los inputs fijos.

La resolución matemática del programa anterior fue realizada con el software Warwick DEA en su versión 1.02, desarrollado por los profesores Thanassoulis, Athanassopoulos y Dyson. Los valores alcanzados por los índices de eficiencia  $\phi$  pueden ser iguales al 100% cuando la unidad es eficiente e inferiores al 100% cuando la unidad es ineficiente.

## **5. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

El objetivo de esta sección es presentar y analizar los principales resultados obtenidos con la aplicación del modelo BM para la muestra de centros públicos de educación secundaria delimitada con anterioridad y evaluar su robustez.

### 5.1. PRINCIPALES RESULTADOS

Los índices de eficiencia calculados para los centros de la muestra en el curso académico 98/99 revelan que, de los 47 centros examinados, 32 resultaron eficientes, proporción que representa el 68% del total (cuadro 1). Para los cursos 95/96, 96/97 y 97/98, el porcentaje de centros eficientes pasa a ser algo inferior siendo en el peor de los casos del 64%, datos que confirman la elevada proporción de centro eficientes de la muestra. Además, se observa que los centros calificados como ineficientes tienen un nivel de eficiencia media elevado, alcanzando los valores más bajos la cifra de 88,99%.

Por otro lado, clasificamos los centros considerados en cada una de las submuestras en urbanos, semi-urbanos y semi-rurales. A partir de aquí se procedió a realizar un análisis que permita obtener algunas conclusiones sobre la distribución de los centros eficientes/ineficientes en los diferentes entornos delimitados. En el cuadro 2 se muestra que la distribución de los institutos eficientes entre zonas semi-urbanas y semi-rurales no presenta diferencias significativas, existiendo un elevado número de centros eficientes en ambos entornos. Por el contrario, en el caso de los centros localizados en entornos urbanos el porcentaje de centros eficientes es inferior al observado en los otros dos entornos (cuadro 2).

**Cuadro 1.-** Centros de educación secundaria (clasificados según el curso académico)

	EFICIENTES	INEFICIENTES	TOTAL	EFICIENCIA MEDIA*
95-96	31 (66%)	16 (34%)	47	93,30%
96-97	30 (64%)	17 (36%)	47	89,97%
97-98	31(66%)	16 (34%)	47	92,13%
98-99	32 (68%)	15 (32%)	47	88,99%
Total de centros	124	64	188	
Porcentaje	66%	23%		

\* Cifras calculadas sobre el total de unidades ineficientes.

FUENTE: Elaboración propia.

**Cuadro 2.-** Centros de educación secundaria (clasificados según el entorno)

	EFICIENTES	INEFICIENTES	TOTAL	EFICIENCIA MEDIA*
Urbanos (U)	36 (53%)	32 (47%)	68	89,48%
Semi-urbanos (SU)	65 (74%)	23 (26%)	88	92,13%
Semi-rurales (SR)	23 (72%)	9 (28%)	32	94,79%
Total de centros	124	64	188	
Porcentaje	66%	23%		

\*Cifras calculadas sobre el total de unidades ineficientes.

FUENTE: Elaboración propia.

Las reflexiones anteriores revelan que el contexto no parece fundamental para explicar la distribución de los centros y los diferentes grados de eficiencia entre los

distintos entornos delimitados<sup>21</sup>. A la luz de los resultados incluso podríamos afirmar que los institutos localizados en zonas semi-rurales y semi-urbanas son capaces de superar la desventaja que les podría suponer no estar en entornos urbanos.

El modelo DEA en su versión envolvente también ofrece información de interés sobre los valores objetivo de los inputs/outputs y de sus posibles mejoras para las unidades de decisión ineficientes. Este hecho es fundamental ya que permite identificar las causas de esa ineficiencia y conocer las posibles mejoras en la producción y en los niveles de inputs. Los niveles óptimos de los inputs y de los outputs de las unidades evaluadas para el BM orientado en términos de inputs responden a las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}x_{i0}^* &= \phi x_{i0} - s_i^- \\ y_{r0}^* &= y_{r0} + s_r^+\end{aligned}$$

donde  $x_{i0}^*$  e  $y_{r0}^*$  representan los niveles óptimos (objetivo) de los inputs y outputs respectivamente,  $x_{i0}$  e  $y_{i0}$  los niveles actuales de los inputs y outputs,  $\phi$  el índice de eficiencia radial, y  $s_i^-$  y  $s_r^+$  las variables de holgura (slacks) de los inputs y de los outputs<sup>22</sup>. En consecuencia, si una unidad es ineficiente, no sólo debería mejorar su eficiencia radial sino también la ineficiencia no radial medida a través de las variables de holgura<sup>23</sup>.

A partir de esta información podemos identificar los factores que pueden contribuir de forma significativa a explicar esos elevados niveles de eficiencia de las observaciones de la muestra y la distribución de los centros en los distintos entornos delimitados. Así, si consideremos el instituto ineficiente medio del total de la muestra para los centros semi-urbanos y semi-rurales, se observa que es la variable de contexto (índice sintético del distrito) la que contribuye a explicar el positivo comportamiento de los centros de estos entornos. Esto se comprueba al analizar los datos del cuadro 3, en el que se observa que las mejoras posibles en los niveles de inputs de los centros ineficientes semi-rurales y semi-urbanos son insignificantes con valores del 0% y 3,42%, respectivamente. Por el contrario, los centros de estos entornos deben de reducir significativamente sus inputs controlables por el gestor (*RATIOPROFALUM*, *GTOSFUN*) para incrementar sus niveles de eficiencia (cuadro 3).

<sup>21</sup> El índice sintético se elaboró según las características sociales, demográficas y económicas de los municipios, con lo cual puede estar determinando la localización de los centros.

<sup>22</sup> La existencia de variables de holgura positivas supone que la unidad ineficiente puede mejorar su rendimiento disminuyendo alguno de sus recursos ( $s_i^-$ ) o aumentando alguno de sus outputs ( $s_r^+$ ).

<sup>23</sup> En el caso de las unidades eficientes, el valor óptimo de sus inputs/outputs coincide con su valor actual; es decir, la eficiencia radial es igual a uno y todas las variables de holgura son nulas.

**Cuadro 3.-** Posibles mejoras en los inputs y en los outputs de los centros ineficientes (clasificados según el entorno)

DATOS MEDIOS						
	<i>RATIOPROFALUM</i>	<i>GTOSFUN</i>	<i>SINTDISTRIT</i>	<i>MCAX</i>	<i>MCBX</i>	<i>APTOTALCOU</i>
Urbanos (U)	23,83%	23,36%	14,03%	5,89%	10,46%	0,92%
Semi-urbanos (SU)	25,79%	29,88%	3,42%	11,30%	14,11%	11,72%
Semi-rurales (SR)	49,43%	61,17%	0,0%	10,10%	16,61%	16,09%

FUENTE: Elaboración propia.

Un análisis para los diferentes cursos académicos permite resaltar la importante contribución de la variable de contexto (índice sintético del distrito) para explicar los niveles de eficiencia alcanzados por los centros educativos de la muestra. Los datos recogidos en el cuadro 4 sirven de referencia para contrastar la afirmación anterior, ya que en ellos se observa que las mejoras posibles del input no controlable (*SINTDISTRIT*) para el instituto ineficiente medio en los distintos años son sensiblemente inferiores al del resto de variables input.

**Cuadro 4.-** Posibles mejoras en los inputs y en los outputs de los centros ineficientes (clasificados según el curso académico)

DATOS MEDIOS						
	<i>RATIOPROFALUM</i>	<i>GTOSFUN</i>	<i>SINTDISTRIT</i>	<i>MCAX</i>	<i>MCBX</i>	<i>APTOTALCOU</i>
95-96	24,60%	28,31%	9,78%	9,19%	18,30%	4,87%
96-97	23,61%	26,68%	7,52%	10,95%	12,98%	8,53%
97-98	27,23%	30,01%	4,96%	8,49%	12,03%	8,54%
98-99	37,99%	39,89%	10,92%	4,67%	6,87%	5,62%

FUENTE: Elaboración propia.

## 5.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis envolvente de datos es una técnica de naturaleza no paramétrica y determinística, lo que implica que no se dispone *a priori* de ninguna herramienta estadística que permita valorar la bondad de los resultados obtenidos. Por consiguiente, esos valores pueden ser muy sensibles a errores de medida en las variables y a perturbaciones aleatorias. Por esta razón, la robustez de los resultados se puede abordar estudiando su sensibilidad ante especificaciones alternativas de las variables que caracterizan la función de producción.

Para contrastar la validez de los resultados se construyeron siete modelos BM diferentes para los cursos académicos que van desde 95/96 al 98/99, utilizando en cada uno de ellos diversas variables, como se señala en el cuadro 5. Estas variaciones permiten observar si la ordenación obtenida de los centros con el modelo BM original se mantiene al realizar cambios en los inputs y en los outputs. Para tal fin se emplea el coeficiente de correlación de Spearman<sup>24</sup> en la muestra objeto de valoración para los distintos cursos académicos.

<sup>24</sup> Éste fue empleado por McCarthy y Yaisawarng (1993).

**Cuadro 5.-** Análisis de sensibilidad (distintas especificaciones del modelo BM)

	DEA1	DEA2	DEA3	DEA4	DEA5	DEA6	DEA7
RATIOPROFALUM	*	*	*	*	*	*	*
GTOSFUN	*	*	*	*	*	*	*
SINTDISTRIT	*			*	*	*	
F1 (Grado de urbanización distrito)		*					*
F2 (Dinamismo demográfico y laboral)							
MCAXS				*			*
MCAX (sólo junio)	*	*	*		*		
MCAS (sólo septiembre)							
MCBXS				*			*
MCBX (sólo junio)	*	*	*		*		
MCBS (sólo septiembre)							
ALAPTOTAL	*	*	*	*		*	
ALAPTOT PRE X (s/presentados junio)							
ALAPTOT PRE S (s/presentados septiembre)							
ALAPCONJ (s/presentados junio y septiembre)					*		*

FUENTE: Elaboración propia.

El cuadro 6 contiene los resultados obtenidos referentes al coeficiente de correlación de Spearman para los centros de la muestra en los cursos académicos 95/96, 96/97, 97/98 y 98/99. A partir de éstos se puede comprobar si los cambios producidos en las variables alteran significativamente los resultados obtenidos con el modelo original (DEA1). En concreto, para la muestra analizada los coeficientes de correlación presentan valores elevados, con excepción de la especificación donde se eliminó alguna variable relevante como es el caso del índice sintético del distrito (DEA3).

**Cuadro 6.-** Análisis de sensibilidad (coeficiente de correlación Spearman)

DEA1	DEA2	DEA3	DEA4	DEA5	DEA6	DEA7
1	0,854	0,448	0,933	0,754	0,807	0,933

FUENTE: Elaboración propia.

Hechas todas estas aclaraciones, el análisis de sensibilidad realizado permite concluir que los cambios de las variables que definen la función de producción de cada centro no alteran significativamente los resultados. Esto implica que los índices de eficiencia obtenidos para el modelo original no son consecuencia de la especificación dada al modelo.

## 6. CONCLUSIONES

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

- 1) La adecuación del concepto de eficiencia técnica y la idoneidad de la técnica DEA para evaluar el rendimiento de las unidades de decisión y gestión educativas.
- 2) El interés de emplear el modelo BM para estimar la eficiencia, debido a su flexibilidad para adaptarse a los comportamientos individuales de cada centro y tratar el problema de las variables no controlables.

- 3) El elevado nivel de eficiencia media de los centros de educación secundaria de la muestra.
- 4) La importante contribución de los factores no controlables (índice sintético del distrito) para determinar los resultados educativos.
- 5) La poca incidencia del entorno a la hora de explicar tanto el nivel de eficiencia media como la distribución de los centros eficientes e ineficientes en los entorno semi-urbanos y semi-rurales.
- 6) El análisis de sensibilidad realizado nos permite comprobar que los índices de eficiencia obtenidos con el modelo BM son robustos al no ser consecuencia de la especificación adoptada para el modelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALI, A.I.; SEIFORD, L.M. (1993): "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", en H.O. Fried, C.A.K. Lovell y S. Schmidt [ed.]: *The Measurement of Productivity Efficiency. Techniques and applications*. Londres: Oxford University Press.
- AZNAR, A. (1976): *El análisis factorial en la economía, una aplicación a las provincias españolas*. (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Complutense.
- BANKER R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, vol. 30, núm. 9, pp. 1078-1092.
- BANKER, R.D.; MOREY, R.C. (1986): "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs", *Operations Research*, vol. 34, núm. 4, pp. 513-521.
- BESSENT, A.; BESSENT, W. (1980): "Determining the Comparative Efficiency of Schools Through Data Envelopment Analysis", *Educational Administration Quarterly*, vol. 16, núm. 2, pp. 57-72.
- BESSENT, W.; ELAM, J.; LONG, D. (1984): "Educational Productivity council Employs Management Science Methods to Improve Educational Quality", *Interfaces*, vol. 14, núm. 6, pp. 1-8.
- BURKHEAD, J.; FOX, T.G.; HOLLAND, J.V. (1967): *Input and Output in Large-city High Schools*. New York: Syracuse University Press.
- CHALOS, P.; CHERIAN, J. (1995): "An Application of Data Envelopment Analysis to Public Sector Performance Measurement and Accountability", *Journal Accounting and Public Policy*, vol. 14, núm. 2, pp. 143-160.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, vol. 2, núm. 6, pp. 429-444.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. (1981): "Evaluating Program and managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", *Management Science*, vol. 27, núm. 6, pp. 668-697.
- COHN, E.; MILAMANS, S.D. (1975): *Input-output Analysis in Public Education*. Cambridge: Ballinger Publishing Company.
- ENGERT, F. (1996): "The Reporting of School District Efficiency: The Adequacy of Ratio Measures", *Journal of Public Budgeting Accounting Financial Management*, vol. 2, núm. 2, pp. 247-271.

- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; WEBER, W. (1989): "Measuring School District Performance", *Public Finance Quarterly*, vol. 17, núm. 4, pp. 409-428.
- FARRELL, M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of The Royal Statistical Society, Series A*, vol. 120, Part III, pp. 253-28
- FORSUND, F.R.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, P. (1980): "A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement", *Journal of Econometrics*, vol. 13, núm. 1, pp. 5-25.
- GANLEY, J.A.; CUBBIN, J.S. (1992): *Public Sector Efficiency Measurement Applications of Data Envelopment Analysis*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- GOLANY, B.; ROLL, Y. (1989): "An Application Produce for DEA", *Omega. International Journal of Management Science*, vol. 17, núm. 3, pp. 237-250.
- HANUSHEK, E. (1972): *Education and Race: An Analysis of the Education Production Process*. Cambridge, MA: Heath-Lexington.
- HANUSHEK, E. (1979): "Conceptual and Empirical Issues in the Estimation of educational Production Functions", *Journal of Human Resources*, vol. 14, núm. 3, pp. 351-388.
- INSTITUTO GALEGO DE ESTATÍSTICA (1996): *Padrón municipal de habitantes e estatísticas de poboación. 1996, estrutura da poboación, A Coruña*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería de Economía e Facenda.
- INSTITUTO GALEGO DE ESTATÍSTICA (1998): *Galicia en cifras. Anuario 1998*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería de Economía e Facenda.
- INSTITUTO LAWRENCE R. KLEIN (1999): *Anuario Comercial de España 2000*. Barcelona: Caja de Ahorros y Pensiones de Barcelona.
- JESSON, D.; MAYSTON, D.J.; SMITH, P. (1987): "Performance Assessment in the Education Sector. Educational and Economic Perspective", *Oxford Review of Educational*, vol. 13, núm. 3, pp. 249-266.
- LOVELL, C.A.K.; WALTERS, L.C.; WOOD, L.L. (1994): "Stratified Models of Education Production: Using Modified DEA and Regression Analysis", en A. Charnes, W.W. Cooper, A. Lewin y L.M. Seiford [ed.]: *DEA, Theory, Methodology and Applications*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- MANCIBÓN, M.J. (1996): *La evaluación de la eficiencia de los centros escolares públicos*. (Tesis doctoral). Universidad de Zaragoza.
- MANCIBÓN, M. J. (1998): "La riqueza de los resultados suministrados por un modelo envolvente de datos: Una aplicación al sector de la educación secundaria", *Hacienda Pública Española*, núm. 145, pp. 165-186.
- MANCIBÓN, M.J.; BANDRÉS, E. (1999): "Efficiency Evaluation en Secondary Schools: The Key Role of Model Specification and of ex post Analysis of Results", *Education Economics*, vol. 7, pp.131-152.
- MANCIBÓN, M.J.; MAR MOLINERO, C. (2000): "Performance in primary schools", *Journal of the Operational Research Society*, vol. 51, núm. 7, pp. 843-854.
- MAYSTON, D.; JESSON, D. (1988): "Developing Models of Educational Accountability", *Oxford Review of Education*, vol. 14, núm. 3, pp. 321-339.
- MCCARTHY, T.A.; YAISAWARNG, S. (1993): "Technical Efficiency in New Jersey School Districts", en H.O. Fried, C.A.K. Lovell y S. Schmird [ed.]: *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*. Londres: Oxford University Press.

- MUÑOZ, M.A. (2000): *Eficiencia técnica e inputs no controlables. El caso de los institutos asturianos de educación secundaria*. (Tesis doctoral). Universidad de Oviedo.
- MUÑOZ, M.A. (2001): “¿Son realmente menos eficientes los centros LOGSE?”, *Hacienda Pública Española*, núm. 157-2, pp. 169-196.
- MUÑOZ, M.A. (2002): “Separating Managerial Inefficiency and External Conditions in Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, vol. 143, núm. 3, pp. 625-643.
- NORMAN, M.; STOKER, B. (1991): *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*. New York: John Wiley and Sons.
- NOULAS, A.G.; KETKAR, K.W. (1998): “Efficient Utilization of Resources in Public Schools: A Case of Study of New Jersey”, *Applied Economics*, vol. 30, pp. 1299-1306.
- PEDRAJA, F.; SALINAS, F. (1996): “Eficiencia del gasto público en educación secundaria: una aplicación de la técnica envolvente de datos”, *Hacienda Pública Española*, núm. 138, pp. 87-147.
- PEDRAJA, F.; SALINAS, F.; SUÁREZ, J. (2001): “La medición de eficiencia en el sector público”, en A. Álvarez Pinilla [coord.]: *La medición de la eficiencia y la productividad*. Madrid: Pirámide.
- RAY, S.C. (1991): “Resource Use Efficiency in Public Schools: A Study of Connecticut Data”, *Management Science*, vol. 37, núm. 12, pp. 1.620-1.628.
- RUGGIERO, J. (1996a): “On the Measurement of Technical Efficiency in the Public Sector”, *European Journal of Operational Research*, vol. 90, núm. 3, pp. 553-565.
- RUGGIERO, J. (1996b): “Efficiency of Educational Production: An Analysis of New York School Districts”, *Review Economics and Statistics*, vol. 78, núm. 3, pp. 499-509.
- RUGGIERO, J.; DUNCOMBE, W.; MINER, J. (1995): “On the Measurement and Causes for Technical Inefficiency in Local Public Services: With an Application to Public Education”, *Journal of Public Administration Research & Theory*, vol. 5, núm. 4, pp. 403-429.
- RUGGIERO, J.; VITALIANO, D.F. (1999): “Assessing the Efficiency of Public Schools Using Data Envelopment Analysis and Frontier Regression”, *Contemporary Economic Policy*, vol. 17, núm. 3, pp. 321-331.
- SEIJAS, A. (2003): “Aproximación del entorno socioeconómico de los centros de educación secundaria en la provincia de A Coruña”, *Galicia en Clave Económica. Revista Atlántica de Economía*, núm. 6, pp. 31-46.
- SMITH, P.; MAYSTON, D. (1987): “Measuring Efficiency in the Public Sector”, *Omega International Journal of Management Science*, vol. 15, núm. 3, pp. 181-189.
- THANASSOULIS, E. (1999): “Setting Achievement Target for School Children”, *Education Economics*, vol. 7, núm. 2, pp. 101-119.
- THANASSOULIS, E.; DUNSTAN, P. (1994): “Guiding Schools to Improved Performance Using Data Envelopment Analysis: An Illustration with Data from a Local Education Authority”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 45, núm. 11, pp. 1.247-1.262.
- WORTHINGTON, A.C. (2001): “An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Education”, *Education Economics*, vol. 9, núm. 3, pp. 245-268.