

ANÁLISE DA EFICIENCIA TÉCNICA NA EDUCACIÓN SECUNDARIA¹

AMPARO SEIJAS DÍAZ

Departamento de Economía Aplicada I
Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais
Universidade da Coruña

Recibido: 9 de decembro de 2002

Aceptado: 9 de novembro de 2004

Resumo: O obxectivo deste traballo é avaliar o performance dos centros de educación secundaria da provincia da Coruña partindo do concepto de función de produción. Para este fin, emprégase como técnica de estimación dos resultados a análise envolvente de datos debido á súa flexibilidade para adaptarse ás peculiaridades do proceso educativo. Os resultados poñen de manifesto o elevado nivel de eficiencia técnica dos institutos analizados, así como o papel fundamental que desempeñan os factores non controlables polo xestor.

Palabras clave: Eficiencia técnica / Función de produción educativa / Análise 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

O interese por avaliar a eficiencia dos procesos educativos débese principalmente á importancia que teñen os seus efectos tanto sobre o conxunto da economía como sobre o benestar da poboación. O investimento en capital humano, a mellora da produtividade e os maiores ingresos que perciben os individuos máis formados contribúen de maneira decisiva ao aumento da riqueza dun país. Pola súa parte, as externalidades positivas xeradas pola educación supoñen un gran beneficio para a sociedade no seu conxunto, xa que diminúen os niveis de pobreza e favorecen a convivencia entre os seus cidadáns.

Os investigadores no campo da economía da educación non foron alleos a estes temas e dedicaron unha gran parte dos seus esforzos a avaliar a eficiencia interna das organizacións educativas. Neste sentido, destacan a partir da segunda metade

¹ Este traballo foi presentado ao III Oviedo Workshop on Efficiency and Productivity (Oviedo, 4-6 de xullo de 2002) e ao IX Encuentro de Economía Pública. Hacienda Pública y Medio Ambiente (Vigo, 7-8 de febreiro de 2002).

dos anos setenta os traballos que afrontan a análise da eficiencia na educación non universitaria mediante a estimación dunha función de produción con técnicas non paramétricas². No noso país, a preocupación por medir a eficiencia das unidades que ofrecen servizos educativos é relativamente recente destacando pola súa importancia as investigacións desenvolvidas por Pedraja e Salinas (1996), por Mancebón (1996, 1998, 1999) e por Muñiz (2000, 2001, 2002).

As formulacións que se expoñen nestes traballos coinciden na consideración do proceso de produción de calquera unidade educativa como unha función de natureza produtiva, que represente unha relación técnica entre un conxunto de factores produtivos que se combinan adecuadamente para obter certos outputs. Esta función determina o máximo nivel de output que se pode alcanzar a partir dun conxunto de inputs dado e de tecnoloxía ou, o que é o mesmo, a cantidade mínima de inputs necesaria para obter un nivel dado de outputs. A partir da delimitación desta función pódense construír indicadores complexos que dean información sobre o nivel de eficiencia relativa dos centros educativos avaliados.

O obxectivo deste traballo é medir e avaliar os niveis de eficiencia técnica dos institutos de educación secundaria da provincia da Coruña para os cursos académicos 95/96, 96/97, 97/98 e 98/99. Para estimar esa función empregamos a análise envolvente de datos (DEA)³, dada a súa flexibilidade para adaptarse ás peculiaridades que presentan os servizos educativos (intanxibles, multiproducto, non existe un prezo real que sirva de soporte para valoralos monetariamente). Os resultados revelan uns elevados niveis de eficiencia técnica das unidades educativas avaliadas, así como o papel predominante dos factores da contorna.

Esta investigación estruturouse do seguinte modo. En primeiro lugar, analízanse os conceptos e as técnicas existentes, á vez que se xustifica a noción de eficiencia que imos empregar e o método de estimación dos resultados. En segundo lugar, estúdanse os fundamentos da función de produción educativa, pois constitúe a referencia para a medición da eficiencia. En terceiro lugar, delimítase a mostra, selecciónanse as variables que representan a nosa realidade particular e determínase o modelo DEA que se empregará. Posteriormente, realízase a avaliación da eficiencia dos distintos centros de educación secundaria e compróbase a robustez dos resultados; e para finalizar resúmense as principais conclusións.

² Algúns dos principais traballos son os de Bessent e Bessent (1980); Charnes, Cooper e Rhodes (1981); Bessent, Bessent, Elam e Long (1984); Jesson, Mayston e Smith (1987); Smith e Mayston (1987); Mayston e Jesson (1988); Färe, Grosskopf e Weber (1989); Norman e Stoker (1991); Ray (1991); Ganley e Cubbin (1992); McCarthy e Yaisawarng (1993); Thanassoulis e Dunstan (1994); Lovell, Walters e Wood (1994); Chalos e Cherian (1995); Ruggiero, Duncombe e Miner (1995); Engert (1996); Ruggiero (1996a, 1996b); Noulas e Ketkar (1998); Thanassoulis (1999); Ruggiero e Vitaliano (1999) e Mancebón e Mar Molinero (2000).

³ Análise envolvente de datos é a tradución ao castelán de *Data Envelopment Analysis*, que en moitas ocasións denominaremos como modelo ou técnica DEA.

2. A EFICIENCIA NO SECTOR EDUCATIVO: CONCEPTOS E TÉCNICAS DE MEDICIÓN

A análise da eficiencia das unidades que operan no sector público e, polo tanto, dos centros de educación, adoita reducirse a un problema de *eficiencia técnica* (ratio que mide a relación óptima entre inputs e outputs), debido a que este concepto cumpre unha serie de requisitos que o fan adecuado para tal fin⁴.

En primeiro lugar, esta definición de eficiencia fíxase nas cantidades e non nos valores monetarios, solucionando así os problemas que xorden cando analizamos actividades onde non existe mercado e a compoñente social é importante. En segundo lugar, partindo da multiplicidade e complexidade dos obxectivos públicos, este criterio permite realizar unha selección racional dos ditos obxectivos que garante alcanzar un nivel de rendemento adecuado. En terceiro lugar, esta acepción do termo eficiencia é a que mellor se adapta para tipificar o comportamento das unidades de decisión que non actúan baixo a disciplina de mercado nin posúen unha estrutura organizativa e de control adecuada⁵.

O concepto de *eficiencia técnica* pode descompoñerse en *eficiencia técnica pura* e *eficiencia técnica de escala*. A primeira refírese á utilización óptima de factores produtivos que permiten maximizar o output mentres que a segunda mide o grao en que unha unidade produtiva opera na dimensión óptima; é dicir, considera o tamaño da planta e está asociada á existencia de rendementos variables a escala (Banker, Charnes e Cooper, 1984).

Por outra parte, para medir o *performance* dos centros de educación secundaria da mostra necesítase seleccionar algún método de estimación que permita obter indicadores do seu nivel de eficiencia técnica. Na literatura existen diferentes metodoloxías para avaliar e para calcular a eficiencia das unidades que xestionan recursos. Esas técnicas agrúpanse basicamente en dous grandes bloques: os modelos que utilizan unha función fronteira e os que non empregan a función fronteira⁶.

Nas *aproximacións non fronteira* non se require a formulación explícita dun concepto de fronteira que delimite o espazo de situacións posibles, polo cal non é necesario realizar supostos fortemente restritivos acerca do comportamento das unidades que son obxecto de avaliación. Así, a utilización deste tipo de técnicas non adoita presentar dificultades importantes á hora de medir empiricamente as actuacións de determinadas unidades de xestión, pero existe o inconveniente de que as conclusións deses resultados poden ser moi simplistas e, en moitos casos, non reflicten o nivel de eficiencia global de todos os factores empregados polas ditas organizacións.

⁴ Fronte ao concepto de eficiencia técnica está o de eficiencia asignativa que mide as combinacións óptimas de inputs dados os seus prezos. Ambas as dúas aproximacións constitúen a eficiencia económica ou global.

⁵ Para aprofundar no estudo das características da produción no sector público e a conveniencia de empregar unha medida da eficiencia técnica, véxanse Pedraja, Salinas e Suárez (2001).

⁶ Unha interesante revisión sobre os modelos fronteira témola en Forsund, Lovell e Schmidt (1980).

Pola súa parte, a *metodoloxía fronteira* parte da existencia dunha fronteira que estará representada por unha función que pode ser de produción, de beneficios ou de custos⁷ e que se pode estimar a través de técnicas de *carácter paramétrico* ou *non paramétrico*. As primeiras requiren a definición e a construción dunha forma funcional concreta de tipo *Cobb-Douglas*, *elasticidade de substitución constante (CES)* ou *translog*, mentres que nas segundas non se necesita explicitar ningunha función. Para ambos os dous casos, interpretaranse como unidades eficientes aquelas que se localicen sobre a fronteira de produción, de beneficios ou de custos, e ineficientes as que se sitúen por baixo da función de produción e de beneficios ou por riba da fronteira de custos.

Os *modelos de natureza non paramétrica* utilizan técnicas de programación matemática para medir e avaliar a eficiencia das unidades de decisión⁸. Nesta categoría cómpre destacar a análise envolvente de datos, a través da que se pode construír unha *fronteira* ou un *hiperplano* de produción que permita medir a eficiencia relativa dun conxunto de unidades de decisión que producen similares outputs a partir dun conxunto común de inputs. A eficiencia se pode medir *en termos de inputs*, onde a cantidade utilizada de inputs é a variable que se pode alterar, xa que o nivel do output é considerado como un valor dado; ou *en termos de output*, interpretándose como a cantidade máxima de output que se alcanzaría a partir dun conxunto de inputs dado.

A técnica DEA foi desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper e Rodhes (1978), e pode ser considerada como unha aplicación ao caso de múltiples outputs da análise tradicional de ratios proposta por Farrell (1957). Nesta especificación para construír a fronteira eficiente pátrese dos supostos de rendementos constantes a escala, convexidade, así como libre dispoñibilidade de inputs e de outputs.

Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) desenvolveron un modelo similar ao anterior, pero eliminaron o suposto de rendementos constantes a escala, construindo unha fronteira máis flexible que se adapta mellor ás distintas escalas de produción que as unidades de decisión poden presentar⁹. Uns anos máis tarde Banker e Morey (1986)¹⁰, ademais de incorporar o suposto de rendementos variables a escala, tratan a problemática das variables non controlables polo xestor.

Dadas as peculiaridades do sector educativo requírese unha técnica moi flexible que permita estimar o conxunto de posibilidades de produción para calcular os ín-

⁷ Estas fronteiras poden definirse en termos absolutos (cando se constrúen a partir de todas as observacións que obedecen a unha determinada tecnoloxía) ou de "mellor práctica" (cando se constrúen a partir dunha mostra de observacións que utilizan a mesma tecnoloxía). Esta última conceptualización da fronteira foi definida por Farrell (1957).

⁸ Unha análise dos fundamentos da programación matemática en relación coa eficiencia está en Ali e Seiford (1993).

⁹ O programa lineal desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984) denomínase modelo BCC.

¹⁰ Este modelo soe coñecerse coas siglas BM.

lices de eficiencia técnica das entidades que o conforman¹¹. Neste sentido, a análise envolvente de datos constitúe esa ferramenta de análise, debido a que abonda con ter un conxunto de observacións que produzan similares outputs a partir dun conxunto común de inputs, sen necesidade de coñecer a tecnoloxía que subxace a tal proceso. Isto non sucede na *metodoloxía paramétrica*, xa que se basea na especificación dunha forma funcional determinada, que é a que define a fronteira de produción.

A técnica DEA ofrece información moi completa e individualizada das unidades de decisión analizadas e permite coñecer aspectos de interese tanto dos centros eficientes como dos ineficientes¹². Xunto a isto, permite incorporar variables non discrecionais, de natureza categórica ou, inclusive, engadir información procedente de opinións de expertos, para delimitar o conxunto de empresas eficientes.

3. A EFICIENCIA NO SECTOR EDUCATIVO. A FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EDUCATIVA

O estudo e a medición da eficiencia das institucións educativas condúcennos a buscar un modelo conceptual que sirva de referencia para formalizar o seu comportamento produtivo. Neste sentido, o coñecemento da función de produción educativa constitúe unha das vías máis recorrentes na literatura xa que permite assimilar o proceso educativo ao de calquera empresa.

Polo xeral, as funcións de produción constrúense baixo unha serie de consideracións pouco realistas que axudan a representar de maneira simplificada a realidade dalgunhas organizacións produtivas. Así, considérase que as ditas funcións son coñecidas xeralmente polos que toman as decisións e utilizan un número determinado de inputs para obter os diferentes outputs. Ademais, todas estas variables pódense cuantificar sen dificultade e a relación entre elas é determinista, é dicir, dado un conxunto de inputs sempre se produce a mesma cantidade de output. Tamén, todos os inputs poden ser substituídos sen ningún tipo de restrición.

As peculiaridades do ámbito educativo supoñen que os supostos de partida difíran significativamente do descrito no parágrafo anterior. A función de produción non é coñecida polos responsables de tomar decisións e debe ser estimada con datos imperfectos. Pola súa parte, algúns dos inputs importantes non poden ser substituídos e en moitos casos o proceso de produción está suxeito a consideracións de incerteza.

A identificación e medición dos outputs e dos inputs do sector educativo non é unha tarefa doada de levar a cabo debido ás especificidades que presentan moitas

¹¹ En Worthington (2001) lévase a cabo unha revisión dos principais traballos que utilizan a técnica DEA no sector educativo.

¹² Gran parte desta información refírese aos centros ineficientes (grupo de referencia, niveis óptimos de produción e consumo de recursos e importancia relativa das variables nas taxas de eficiencia).

das variables que interveñen no proceso de produción dos servizos educativos. Deste modo destacan a natureza intanxible (habilidades cognitivas, actitudes, comportamento social, entre outros) e o carácter múltiple (atributos cualitativos diferentes) do output escolar.

O proceso de aprendizaxe humano ten natureza acumulativa, sendo os resultados educativos dun momento determinada consecuencia non só do sucedido no presente, senón tamén do ocorrido en épocas pasadas. Por outro lado, os servizos educativos públicos non responden a criterios privados de maximización do beneficio, dado que os seus obxectivos teñen un matiz máis social e os prezos, se existen, están desligados das características que definen os mercados competitivos.

Ademais, na formación do output educativo non só interveñen os factores de produción directamente relacionados cos centros educativos senón que elementos como as características dos individuos e da súa contorna tamén desenvolven un papel fundamental dentro do proceso. Cabe aclarar que os factores de ámbito extra-escolar están fóra do control dos responsables en materia educativa, o que engade un inconveniente máis no cometido de construír unha función de produción educativa.

Neste contexto, Hanushek (1972, 1979) considera que o rendemento escolar dun estudante depende da conxunción de catro grupos de factores: as características da contorna familiar (*family background*), as habilidades innatas e demais peculiaridades internas do estudante (*student inputs*), as características do grupo de compañeiros (*peer group input*) e os recursos ou factores escolares (*school input or factor*). Así, a maior parte da literatura expresa a función de produción educativa como un proceso que se sintetiza mediante a seguinte relación:

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

onde A_{it} é un vector (ou conxunto multidimensional) dos *logros do estudante* no momento de tempo t ; $F_i^{(t)}$ é un vector que recolle as *características familiares* do estudante no momento de tempo t ; $P_i^{(t)}$ é un vector das *características do grupo de compañeiros* no momento de tempo t ; I_i é un vector das *dotacións iniciais ou innatas* e do resto de *características propias* do estudante; e, por último, $S_i^{(t)}$ é un vector de *inputs escolares* relevantes para o estudante no momento de tempo t .

En definitiva, calquera intento de estimar o comportamento produtivo das unidades de decisión educativas debe incluír unha análise rigorosa de cada un dos elementos mencionados no parágrafo anterior¹³. No noso caso particular, atende-mos a estas recomendacións á hora de seleccionar as variables que definen o proceso

¹³ Véxase o traballo de Cohn e Milamans (1975) no que se describen cada un dos elementos que integran a función de produción educativa.

so produtivo da realidade sometida a estudo. Existindo, como única limitación, a imposta pola información estatística dispoñible.

4. MEDICIÓN DA EFICIENCIA NA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Unha vez tratadas as principais cuestións conceptuais e seleccionada a metodoloxía DEA como técnica de estimación dos resultados, estamos en condicións de definir e de seleccionar as unidades que serán obxecto de análise, de determinar as variables relevantes e de especificar o modelo DEA que se empregarán¹⁴.

4.1. DELIMITACIÓN DA MOSTRA

A definición e a selección das unidades de decisión que formarán parte da mostra e servirán de referencia para caracterizar o comportamento produtivo dos centros de educación secundaria na provincia da Coruña debe guiarse pola consideración dunha serie de aspectos entre os que destacan: o grao de homoxeneidade das observacións, o número de unidades que se incluírán e os ámbitos xeográfico e temporal¹⁵.

A metodoloxía DEA require que as distintas unidades de decisión e de xestión observadas sexan comparables entre si. Polo tanto, os centros considerados han realizar similares tarefas, cumprir os mesmos obxectivos, estar sometidos ás mesmas condicións de mercado, e as variables que determinan o seu comportamento deben de ser similares, salvadas as diferenzas en intensidade e magnitude.

A consideración dos tres primeiros supostos lévanos a excluír da mostra tanto aos centros privados como aos públicos que non imparten segundo de bacharelato ou COU. Pola súa parte, de tomarmos como referencia o último requisito, parece conveniente eliminar da mostra os centros LOXSE, debido ás claras diverxencias estatísticas que existen entre os datos¹⁶.

Polo que respecta ao tamaño da mostra, é conveniente ter presente unha regra bastante xeneralizada que recomenda que o número de unidades que se cómpre incluír debe ser cando menos tres veces o número de variables (input/output). No noso caso particular e dado que contamos con tres outputs e con tres inputs (tal e co-

¹⁴ Para Golany e Roll (1989) estas son as fases previas antes de analizar os resultados coa técnica DEA.

¹⁵ Véxase Golany e Roll (1989), onde se tratan estes aspectos con profundidade.

¹⁶ As probas de aptitude para o acceso á universidade (PAAU) teñen distintos contidos e opcións segundo se trate de bacharelato COU ou LOXSE. A fórmula de cálculo da variable nota media de expediente para os centros COU determínase a partir da nota media de BUP, mentres que nos centros LOXSE só se considera a nota media do bacharelato postobrigatorio (1º e 2º de bacharelato). Nos institutos que imparten as súas materias de conformidade coa antiga lei educativa, o número total de alumnos matriculados en cada centro coincide plenamente cos matriculados en bacharelato (1º, 2º, 3º de BUP e COU), pero nos centros que imparten LOXSE só contamos coa información dos alumnos matriculados en 1º e en 2º de bacharelato.

mo veremos no subepígrafe seguinte), o número de observacións debe ser cando menos de 18. Este criterio cúmprese sobradamente para os centros de educación secundaria que forman parte da mostra cuxo número é de 188¹⁷.

A análise da eficiencia mediante a técnica DEA está tamén condicionada pola necesidade de delimitar a contorna xeográfica na que se atopan localizadas as entidades sometidas a estudo, así como pola determinación do horizonte temporal considerado. O ámbito territorial é a provincia da Coruña, por ser unha área especialmente dinámica que integra satisfactoriamente os diferentes contextos que definen a realidade socioeconómica da Comunidade galega. O horizonte temporal está constituído polos cursos escolares 95/96, 96/97, 97/98 e 98/99, para os cales se conta con estatísticas máis ou menos completas.

4.2. SELECCIÓN DAS VARIABLES

O proceso de selección das variables constitúe un dos problemas máis importantes cando se pretende estimar o comportamento produtivo de calquera unidade de decisión a través de modelos DEA. Isto se debe a que os resultados obtidos con esa técnica poden ser moi sensibles ás especificacións dadas aos modelos empíricos. Para salvar esta dificultade cómpre contar con toda a información estatística dispoñible e elixir aquelas variables que mellor aproximen a nosa realidade, mediante o emprego de técnicas estatísticas ou incluso de modelos DEA elementais.

Na nosa análise contamos cunha ampla gama de indicadores para determinar as variables que definen o proceso produtivo dos centros de educación secundaria da mostra. A partir destes datos, seleccionaremos as variables que nos permitan medir aspectos relacionados co output educativo, coa contorna familiar e escolar e cos factores estritamente escolares, realizando en cada caso todas as operacións necesarias para conseguir os indicadores finais¹⁸.

A continuación detallaremos cada un dos elementos que determinan a función de produción dos centros educativos suxeitos a valoración.

◆ *OUTPUT DOS CENTROS ESCOLARES.* A educación é un servizo que actúa sobre individuos de distintas características, polo que é conveniente medir os resultados dos centros escolares tanto desde unha vertente cuantitativa como cualitativa. A maioría dos estudos sobre a función de produción educativa utilizan como medida do output as cualificacións obtidas polos estudantes en distintas probas de aptitude estandarizadas, tratándose dunha magnitude de tipo cualitativo do ren-

¹⁷ Esta cifra é o resultado de multiplicar 47 (número de centros considerados cada curso) por 4 (número de cursos académicos).

¹⁸ As variables que miden aspectos sobre a contorna do estudante e do seu grupo de compañeiros non son controlables polos xestores educativos.

demento escolar. Non obstante, e en menor medida, atópanse traballos que aproximan os resultados escolares a través de indicadores tales como o número de alumnos que superan un determinado curso escolar, os estudantes que abandonan con éxito o centro escolar, as ratios de asistencia a clase e as taxas de continuidade ou de abandono da educación formal (Burkhead, Fox e Holland, 1967), sendo medidas que responden a características cuantitativas do resultado dos centros educativos.

Neste traballo cóntase con información estatística suficiente, facilitada pola Consellería de Educación, para medir estes dous aspectos (cuantitativo e cualitativo) do output escolar. En concreto, dispoñemos de datos sobre as notas medias dos alumnos de cada centro nas distintas materias avaliadas nas probas PAAU e sobre o número de alumnos que se presentaron en cada unha desas materias. Tamén se posúen datos do total de alumnos matriculados en COU. A partir destas fontes aproximaremos o output dos institutos públicos de educación secundaria na provincia da Coruña para os cursos 95/96, 96/97, 97/98 e 98/99, mediante as seguintes variables:

- Nota media das probas PAAU (xuño) para os centros que imparten COU nas especialidades científico-técnica e de ciencias da saúde (*MCAX*).
- Nota media das probas PAAU (xuño) para os centros que imparten COU nas especialidades de humanidades e de ciencias sociais (*MCBX*).
- Número de alumnos aprobados nas probas PAAU para os centros que imparten COU en relación cos matriculados en COU (*ALAPTOTAL*).

As dúas primeiras variables miden aspectos cualitativos do resultado escolar mentres que a terceira, pola contra, representa atributos de natureza cuantitativa. Por outro lado, incluimos os indicadores que recollen os datos das notas medias de xuño debido á súa maior representatividade estatística en relación coas notas medias de setembro. O terceiro definímolos en función do número de matriculados en COU en lugar dos presentados ás probas PAAU para eliminar os efectos que poden ocasionar sobre os resultados as estratexias adoptadas polos centros.

◆ *AS VARIABLES QUE DETERMINAN OS RESULTADOS ESCOLARES:*

- a) *A contorna familiar e o grupo de compañeiros.* O nivel socioeconómico dos estudantes e do grupo de compañeiros son dous dos factores máis importantes á hora de explicar os resultados obtidos polos alumnos na escola. De aí, a especial consideración que han ter estas variables en calquera traballo empírico, a pesar das dificultades que poden existir na práctica para delimitar eses conceptos.

Neste sentido, optamos por analizar un conxunto de variables de natureza económica, social e demográfica a nivel municipal, para construír unha serie de indicadores que aproximen as características socioeconómicas da contorna na que están localizados os institutos de educación secundaria que van ser obxecto de análise. Esta información procede dos datos publicados polo Instituto Lawrence R. Klein (1999), os datos base contidos no *Padrón municipal de habitantes e estatística de poboación* (1996) e da información publicada no anuario *Galicia en cifras* (1998).

Dado o elevado número de variables que estamos manexando e a necesidade de delimitar contextos, unha posible solución consiste en utilizar algunha técnica que permita simplificar con criterios coherentes esa información dispoñible sen perder detalle das estruturas lóxicas subxacentes ao conxunto de datos. Para este fin utilizaremos a análise factorial e en concreto, dentro desta, a análise de compoñentes principais.

A partir da información obtida a nivel municipal coa análise factorial, procedeuse á elaboración dun indicador sintético que mida os aspectos socioeconómicos do municipio. Para iso empregouse como índice a suma ponderada dos valores dos factores, utilizando para tal ponderación a raíz cadrada da porcentaxe de varianza explicada por cada factor (Aznar Grasa, 1976). Posteriormente, agregamos os factores por distritos escolares, utilizando como factor de ponderación a poboación en idade escolar do municipio, obtendo un *índice sintético para cada distrito*¹⁹ (*SINTDISTRICT*).

- b) *Factores escolares*. Este elemento sóse cuantificar mediante os gastos de funcionamento (excluídos os de persoal) e o número de profesores de cada centro. En canto aos gastos de funcionamento da mostra obxecto de estudo, observouse cómo algúns centros escolares recibían unha partida extraordinaria procedente do Fondo Social Europeo, cuxa finalidade era facer fronte á posta en marcha da reforma educativa e aos ciclos formativos da formación profesional. En moitos casos estas dotacións superaban os gastos de funcionamento correntes, o que *a priori* nos levou a excluír estas partidas extraordinarias dos inputs escolares da mostra, de modo que só consideramos os gastos de funcionamento de natureza ordinaria. Feitas estas aclaracións, os inputs de natureza escolar considerados no noso modelo empírico durante os cursos 95/96, 96/97, 97/98 e 98/99 son os seguintes:

- Gastos de funcionamento de cada centro escolar que imparte COU dividido polo número total de alumnos matriculados neses centros (*GTOSFUN*).
- Número total de profesores de cada centro escolar que imparte COU dividido polo número total de alumnos matriculados neses centros (*RATIOPROFALUM*).

¹⁹ Unha análise máis polo miúdo de cómo se elaborou o índice sintético témola en Seijas (2003).

4.3. ESPECIFICACIÓN DO MODELO DEA

A heteroxeneidade de comportamentos produtivos presentados polos distintos centros de educación e a incidencia nos resultados de factores da contorna non controlables polos responsables educativos constitúen cuestións de interese que cómpre considerar no momento de especificar o noso modelo DEA particular. Así, o suposto de rendementos variables a escala é fundamental para resolver o primeiro problema, debido a que permite estimar unha fronteira moi flexible, capaz de adaptarse aos comportamentos individuais de cada instituto á vez que informa sobre a súa dimensión óptima. Para tratar a segunda cuestión poden desenvolverse programas matemáticos máis elaborados nos que algunhas variables (outputs ou inputs) son determinadas esóxenamente²⁰.

O modelo envolvente que se empregará para estimar os índices de eficiencia dos institutos de educación secundaria da provincia da Coruña debe resolver ambas as dúas cuestións. Neste sentido a proposta realizada por Banker e Morey (1986) é a máis adecuada porque permite tratar o problema dos rendementos variables a escala e o tema das variables non discretionais. A formulación matemática da súa forma envolvente orientada en termos de inputs para os centros da mostra é a seguinte:

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

suxeito a:

$$\sum_{j=1}^{188} x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \phi x_{i0}; \quad i \in I_d,$$

$$\sum_{j=1}^{188} x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{i0}; \quad i \in I_f,$$

$$\sum_{j=1}^{188} y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0}; \quad r \in \{1, 2, 3\},$$

$$\sum_{j=1}^{188} \lambda_j = 1;$$

$$\phi, \lambda_j, s_i, s_r \geq 0 \quad j = 1, \dots, 188; \quad ; \quad r = 1, 2, 3. \quad I_d \cup I_f = I = \{1, 2, 3\}$$

²⁰ Na nosa análise existen variables que non poden ser controlables polos responsables da xestión educativa, ou ben os seus valores son determinados por unidades de decisión localizadas nun nivel xerárquico superior ao centro escolar, como é o caso do índice socioeconómico.

sendo x_1 os gastos de funcionamento; x_2 o número total de profesores por alumno; x_3 o índice sintético das características socioeconómicas do distrito escolar; y_1 a nota media das probas PAAU nas especialidades científico-técnica e de ciencias da saúde; y_2 a nota media das probas PAAU nas especialidades de humanidades e de ciencias sociais; e y_3 o número de alumnos aprobados nas probas PAAU en relación cos matriculados. Pola súa parte, os λ_j constitúen os parámetros a partir dos cales se constrúe a unidade ficticia da unidade obxecto de avaliación e s_i^+ e s_i^- son as variables de folgura.

Este programa subministra información sobre o nivel de eficiencia técnica pura, a cal mide a relación óptima entre inputs e outputs, illando os efectos que a escala de produción pode provocar sobre os resultados dos indicadores de eficiencia. Ademais, o modelo permite coñecer en que medida se pode reducir a utilización dos inputs discrecionais dado o valor dos inputs fixos.

A resolución matemática do programa anterior foi realizada co software Warwick DEA na súa versión 1.02, desenvolvido polos profesores Thanassoulis, Athanassopoulos e Dyson. Os valores alcanzados polos índices de eficiencia ϕ poden ser iguais ao 100% cando a unidade é eficiente e inferiores ao 100% cando a unidade é ineficiente.

5. AVALIACIÓN DA EFICIENCIA NA EDUCACIÓN SECUNDARIA. RESULTADOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

O obxectivo desta sección é presentar e analizar os principais resultados obtidos coa aplicación do modelo BM para a mostra de centros públicos de educación secundaria delimitada con anterioridade e avaliar a súa robustez.

5.1. PRINCIPAIS RESULTADOS

Os índices de eficiencia calculados para os centros da mostra no curso académico 98/99 revelan que, dos 47 centros examinados, 32 resultaron eficientes, proporción que representa o 68% do total (cadro 1). Para os cursos 95/96, 96/97 e 97/98, a porcentaxe de centros eficientes pasa a ser algo inferior sendo no peor dos casos do 64%, datos que confirman a elevada proporción de centros eficientes da mostra. Ademais, obsérvase que os centros cualificados como ineficientes teñen un nivel de eficiencia media elevado, alcanzando os valores máis baixos a cifra de 88,99%.

Por outro lado, clasificamos os centros considerados en cada unha das submostras en urbanos, semi-urbanos e semi-rurais. A partir de aquí procedeuse a realizar

unha análise que permita obter algunhas conclusións sobre a distribución dos centros eficientes/ineficientes nas diferentes contornas delimitadas. No cadro 2 móstrase que a distribución dos institutos eficientes entre zonas semi-urbanas e semi-rurais non presenta diferenzas significativas, existindo un elevado número de centros eficientes en ambas as dúas contornas. Pola contra, no caso dos centros localizados en contornas urbanas a porcentaxe de centros eficientes é inferior ao observado nas outras dúas contornas (cadro 2).

Cadro 1.- Centros de educación secundaria (clasificados segundo o 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	
Porcentaxe	66%	23%		

* Cifras calculadas sobre o total de unidades ineficientes.

FONTE: Elaboración propia.

Cadro 2.- Centros de educación secundaria (clasificados segundo a contorna)

	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-rurais (SR)	23 (72%)	9 (28%)	32	94,79%
Total de centros	124	64	188	
Porcentaxe	66%	23%		

*Cifras calculadas sobre o total de unidades ineficientes.

FONTE: Elaboración propia.

As reflexións anteriores revelan que o contexto non parece fundamental para explicar a distribución dos centros e os diferentes graos de eficiencia entre as distintas contornas delimitadas²¹. Á luz dos resultados incluso poderíamos afirmar que os institutos localizados en zonas semi-rurais e semi-urbanas son capaces de superar a desvantaxe que lles podería supoñer non estar en contornas urbanas.

O modelo DEA na súa versión envolvente tamén ofrece información de interese sobre os valores obxectivo dos inputs/outputs e das súas posibles melloras para as unidades de decisión ineficientes. Este feito é fundamental xa que permite identificar as causas desa ineficiencia e coñecer as posibles melloras na produción e nos niveis de inputs. Os niveis óptimos dos inputs e dos outputs das unidades avaliadas para o BM orientado en termos de inputs responden ás seguintes expresións:

²¹ O índice sintético elaborouse segundo as características sociais, demográficas e económicas dos municipios, co cal pode estar determinando a localización dos centros.

$$x_{i0}^* = \phi x_{i0} - s_i^-$$

$$y_{r0}^* = y_{r0} + s_r^+$$

onde x_{i0}^* e y_{r0}^* representan os niveis óptimos (obxectivo) dos inputs e outputs respectivamente; x_{i0} e y_{i0} os niveis actuais dos inputs e outputs; ϕ o índice de eficiencia radial; e s_i^- e s_r^+ as variables de folgura (*slacks*) dos inputs e dos outputs²². En consecuencia, se unha unidade é ineficiente, non só debería mellorar a súa eficiencia radial senón tamén a ineficiencia non radial medida a través das variables de folgura²³.

A partir desta información podemos identificar os factores que poden contribuír de forma significativa a explicar eses elevados niveis de eficiencia das observacións da mostra e a distribución dos centros nas distintas contornas delimitadas. Así, se consideramos o instituto ineficiente medio do total da mostra para os centros semi-urbanos e semi-rurais, obsérvase que é a variable de contexto (índice sintético do distrito) a que contribúe a explicar o positivo comportamento dos centros destas contornas. Isto compróbase ao analizar os datos do cadro 3, no que se observa que as posibles melloras nos niveis de inputs dos centros ineficientes semi-rurais e semi-urbanos son insignificantes con valores do 0% e de 3,42%, respectivamente. Pola contra, os centros destas contornas deben reducir significativamente os seus inputs controlables polo xestor (*RATIOPROFALUM*, *GTOSFUN*) para incrementar os seus niveis de eficiencia (cadro 3).

Cadro 3.- Posibles melloras nos inputs e nos outputs dos centros ineficientes (clasificados segundo a contorna)

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-rurais (SR)	49,43%	61,17%	0,0%	10,10%	16,61%	16,09%

FONTE: Elaboración propia.

Unha análise para os diferentes cursos académicos permite resaltar a importante contribución da variable de contexto (índice sintético do distrito) para explicar os niveis de eficiencia alcanzados polos centros educativos da mostra. Os datos recollidos no cadro 4 serven de referencia para contrastar a afirmación anterior, xa que

²² A existencia de variables de folgura positivas supón que a unidade ineficiente pode mellorar o seu rendemento diminuíndo algún dos seus recursos (s_i^-) ou aumentando algún dos seus outputs (s_r^+).

²³ No caso das unidades eficientes, o valor óptimo dos seus inputs/outputs coincide co seu valor actual; é dicir, a eficiencia radial é igual a un e todas as variables de folgura son nulas.

neles se observa que as melloras posibles do input non controlable (*SINT-DISTRIT*) para o instituto ineficiente medio nos distintos anos son sensiblemente inferiores ao do resto de variables input.

Cadro 4.- Posibles melloras nos inputs e nos outputs dos centros ineficientes (clasificados segundo o curso académico)

DATOS MEDIOS						
	<i>RATIOPROFALUM</i>	<i>GTOFUN</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%

FONTE: Elaboración propia.

5.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise envolvente de datos é unha técnica de natureza non paramétrica e determinística, o que implica que non se dispoña *a priori* de ningunha ferramenta estatística que permita valorar a bondade dos resultados obtidos. Por conseguinte, eses valores poden ser moi sensibles a erros de medida nas variables e a perturbacións aleatorias. Por esta razón, a robustez dos resultados pódese analizar estudando a súa sensibilidade ante especificacións alternativas das variables que caracterizan a función de produción.

Para contrastar a validez dos resultados construíronse sete modelos BM diferentes para os cursos académicos que van desde o 95/96 ata o 98/99, utilizando en cada un deles diversas variables, como se sinala no cadro 5. Estas variacións permiten observar se a ordenación obtida dos centros co modelo BM orixinal se mantén ao realizar cambios nos inputs e nos outputs. Para este fin emprégase o coeficiente de correlación de Spearman²⁴ na mostra obxecto de valoración para os distintos cursos académicos.

O cadro 6 contén os resultados obtidos referentes ao coeficiente de correlación de Spearman para os centros da mostra nos cursos académicos 95/96, 96/97, 97/98 e 98/99. A partir destes pódese comprobar se os cambios producidos nas variables alteran significativamente os resultados obtidos co modelo orixinal (*DEAI*). En concreto, para a mostra analizada os coeficientes de correlación presentan valores elevados, con excepción da especificación onde se eliminou algunha variable relevante como é o caso do índice sintético do distrito (*DEA3*).

Feitas todas estas aclaracións, a análise de sensibilidade realizada permite concluir que os cambios das variables que definen a función de produción de cada centro non alteran significativamente os resultados. Isto implica que os índices de efi-

²⁴ Este foi empregado por McCarthy e Yaisawarng (1993).

ciencia obtidos para o modelo orixinal non son consecuencia da especificación que se lle deu ao modelo.

Cadro 5.- Análise de sensibilidade (distintas especificacións do modelo BM)

	DEA1	DEA2	DEA3	DEA4	DEA5	DEA6	DEA7
RATIOPROFALUM	*	*	*	*	*	*	*
GTOSEFUN	*	*	*	*	*	*	*
SINTDISTRIT	*			*	*	*	
F1 (Grao de urbanización distrito)		*					*
F2 (Dinamismo demográfico e laboral)							
MCAXS				*			*
MCAX (só xuño)	*	*	*		*		
MCAS (só setembro)				*			*
MCBX S				*			*
MCBX (só xuño)	*	*	*		*		
MCBS (só setembro)							
ALAPTOTAL	*	*	*	*		*	
ALAPTOT PRE X (s/presentados xuño)							
ALAPTOT PRE S (s/presentados setembro)							
ALAPCONJ (s/presentados xuño e setembro)					*		*

FONTE: Elaboración propia.

Cadro 6.- Análise de sensibilidade (coeficiente de correlación Spearman)

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

FONTE: Elaboración propia.

6. CONCLUSIÓNS

As principais conclusións que se derivan desta investigación son as seguintes:

- 1) A adecuación do concepto de eficiencia técnica e a idoneidade da técnica DEA para avaliar o rendemento das unidades de decisión e de xestión educativas.
- 2) O interese de empregar o modelo BM para estimar a eficiencia, debido á súa flexibilidade para adaptarse aos comportamentos individuais de cada centro e tratar o problema das variables non controlables.
- 3) O elevado nivel de eficiencia media dos centros de educación secundaria da mostra.
- 4) A importante contribución dos factores non controlables (índice sintético do distrito) para determinar os resultados educativos.
- 5) A pouca incidencia da contorna á hora de explicar tanto o nivel de eficiencia media como a distribución dos centros eficientes e ineficientes nas contornas semi-urbanas e semi-rurais.
- 6) A análise de sensibilidade realizada permítenos comprobar que os índices de eficiencia obtidos co modelo BM son robustos ao non ser consecuencia da especificación adoptada para o modelo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALI, A.I.; SEIFORD, L.M. (1993): "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", en H.O. Fried, C.A.K. Lovell e 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*. (Tese de doutoramento). 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, A.; 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. Coopera, A. Lewin e L.M. Seiford [ed.]: *DEA, Theory, Methodology and Applications*. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- MANCEBÓN, M.J. (1996): *La evaluación de la eficiencia de los centros escolares públicos*. (Tese de doutoramento). Universidad de Zaragoza.
- MANCEBÓN, 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.
- MANCEBÓN, 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.
- MANCEBÓN, 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 e S. Schmind [ed.]: *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*. Londres: Oxford University Press.
- MUÑIZ, M.A. (2000): *Eficiencia técnica e inputs no controlables. El caso de los institutos asturianos de educación secundaria*. (Tese de doutoramento). Universidad de Oviedo.
- MUÑIZ, M.A. (2001): "¿Son realmente menos eficientes los centros LOGSE?", *Hacienda Pública Española*, núm. 157-2, pp. 169-196.
- MUÑIZ, M.A. (2002): "Separating Managerial Inefficiency and External Conditions in Data Envelopmen Analysis", *European Journal of Operacional 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 or Resorces 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 Publica 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.