

VI Encuentro de Economía Pública

Oviedo, Febrero de 1999

COMUNICACIÓN

¿Inputs no discrecionales o variables ambientales?

Su inclusión en un análisis DEA.

Manuel Antonio Muñiz Pérez
E-mail: manumuni@econo.uniovi.es

Departamento de Economía. Universidad de Oviedo

1.- INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudios en la literatura de eficiencia se centran en cómo medir la eficiencia de los productores evaluados, mientras que relativamente poca atención se ha dado a la interpretación de estas medidas. Esta evaluación dependerá de varios factores, entre los que se incluyen tanto la cantidad de output producido como el volumen de inputs consumido por cada productor.

Sin embargo, no siempre la cantidad utilizada de alguno de los inputs está bajo el control del productor. Estos **inputs no discrecionales**, que son factores que intervienen en el proceso productivo pero cuya cantidad no puede ser variada a discreción del gestor, deben considerarse en el estudio en un doble sentido. En primer lugar, deben incluirse de alguna forma en la evaluación de la conducta de los productores, puesto que de otro modo se podría llegar a conclusiones alejadas de la realidad de cada unidad evaluada. Pero además y más importante si cabe, estos factores deben participar en la construcción de los índices de eficiencia que servirán de guía en la evaluación de los productores. Dada su influencia directa sobre el output producido, la medida de eficiencia que se obtenga debe reflejar **ya** este carácter no discrecional de algunos inputs.

Por ello, y de cara a su inclusión en la metodología de medida de la eficiencia conocida como DEA (Análisis Envolvente de Datos), es fundamental distinguir los factores anteriores de otra serie de **variables**, que llamaremos **ambientales** y que pese a no intervenir en el proceso productivo (y por tanto, no participar en la construcción del índice de eficiencia), sí pueden explicar una potencial ineficiencia del productor. Generalmente, responden a factores como pueden ser distintos tipos de propiedad (la discusión propiedad privada/pública es uno de los temas más tratados en la literatura de eficiencia), de entorno geográfico, etc.

El problema estriba en que no siempre inputs no discrecionales y variables ambientales son diferenciados en los estudios de eficiencia. La importancia de este hecho radica en que dada su distinta naturaleza, deben ser incluídos en el análisis de distinta forma, situación que no se suele dar en los trabajos publicados y que puede dar lugar a resultados sesgados que varíen según la vía seleccionada para su inclusión.

Precisamente, uno de los sectores donde los inputs no discrecionales tienen más importancia reconocida es el educativo, en el que el entorno socioeconómico y familiar del alumno interviene en el proceso productivo y afecta de forma directa al output producido. Debido a este rasgo, la Educación Pública es un buen campo para estudiar empíricamente cuál debe ser el tratamiento correcto de los inputs no discrecionales en un estudio de eficiencia. Concretamente, en esta comunicación se presenta el estado actual de una investigación en curso, cuyo objetivo es doble:

- En primer lugar, analizar la eficiencia técnica de los Institutos de Enseñanza Secundaria localizados en el Principado de Asturias, determinando los orígenes de las posibles ineficiencias presentes en el proceso de producción

educativa y sugiriendo vías de mejora de los resultados.

- Aplicar las principales posibilidades utilizadas en la literatura económica para la inclusión de los **inputs no discrecionales** en un análisis DEA, con el fin de comparar resultados y establecer conclusiones relevantes respecto a la opción más adecuada para el caso de la producción educativa.

2.- LA MEDIDA DE LA EFICIENCIA TÉCNICA: EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA).

La eficiencia técnica es un concepto tecnológico que se concentra básicamente en los procesos productivos y en la organización de tareas, de modo que hace referencia a las consecuencias de una explotación inadecuada del proceso elegido. Concretamente, un productor es considerado técnicamente eficiente si la producción se realiza en la frontera del conjunto de posibilidades de producción. Por tanto, el requisito fundamental para obtener una medida operativa de la eficiencia es conocer previamente la función de producción (que, de acuerdo con la teoría microeconómica, representa la relación puramente técnica que define las posibilidades de producción eficiente, dada una tecnología). Sin embargo, siguiendo esta definición de función de producción frontera, que podríamos llamar "teórica", nos encontramos con la imposibilidad de su aplicación en el análisis empírico, dado que no es observable en la práctica. Por ello, el concepto de frontera que se va a manejar es el relacionado con los datos observados, en el sentido de que la función frontera actúa como un límite que acota dichas observaciones. Se obtiene así una función de producción frontera "empírica", dados los valores observados, tal que la producción puede tener lugar por debajo, o en la propia frontera, pero no por encima. La eficiencia o ineficiencia que obtengamos en el análisis es por ello un concepto relativo, derivado de la comparación entre sí de los resultados de las unidades en observación. La distancia respecto a la frontera de la unidad observada proporciona, por tanto, una valoración de su falta de eficiencia.

En los últimos años se han desarrollado varias técnicas aplicables al cálculo o estimación de estas funciones frontera. La diferencia más sustancial se refiere a la herramienta de análisis empleada, que se pueden dividir en técnicas de estimación econométrica o análisis de programación matemática¹. La técnica seleccionada para su aplicación en esta investigación es conocida como Análisis Envolverte de Datos o DEA (Data Envelopment Analysis). Su elección ha venido determinada por su sencillez conceptual y su versatilidad como herramienta de trabajo, la cual permite eliminar gran parte de las dificultades inherentes al estudio de los servicios públicos.

El análisis envolvente de datos es una técnica no paramétrica de medida de la eficiencia. Por tanto, evita la imposición de una forma funcional determinada en

¹ Las características básicas de estos métodos se pueden encontrar en Schmidt (1985-6), Lovell y Schmidt (1988), Greene(1993) o Ali y Seiford (1993) entre otros.

la función de producción. Es suficiente con definir ciertas propiedades formales que debe satisfacer el conjunto de posibilidades de producción². Esta flexibilidad, respecto a la estructura de la tecnología productiva, es una ventaja importante para aquellos procesos cuya modelización, a través de una forma funcional conocida, entraña graves dificultades. Un claro ejemplo es el caso de la producción educativa, objeto de este estudio. Por otro lado, la técnica de cálculo empleada es la programación matemática.

Como su propio nombre indica, el objetivo del DEA consiste en el cálculo de una envolvente que incluya todas las observaciones eficientes, así como las combinaciones lineales realizadas entre unidades eficientes, quedando el resto (aquellas que se consideran ineficientes) por debajo de la misma. Dicha envolvente se interpreta entonces como la tecnología frontera eficiente. Esta estructura es tomada como un límite "empírico" a las posibilidades de producción, de tal modo que la distancia de las unidades ineficientes a la envolvente proporciona una medida de la ineficiencia en que están incurriendo. Asimismo, permite optar entre una orientación minimizadora del input o maximizadora del output.

Por otro lado, hay que destacar que esta técnica permite dar respuesta a dos de las dificultades inherentes al estudio de los servicios públicos, como son su habitual carácter multiproducto y la inexistencia de precios de mercado. De todo lo anterior se deduce que el DEA tiene un claro potencial en la medida de la eficiencia en el Sector Público, particularmente en aquellas áreas donde existe un alto número de productores susceptibles de comparación³, como es el caso del sector educativo.

3.- INPUTS NO DISCRECIONALES Y VARIABLES AMBIENTALES EN EL DEA.

Como ya se ha comentado, es importante distinguir entre inputs no discrecionales y variables ambientales en el momento de realizar un análisis DEA. Los inputs no discrecionales intervienen directamente en el proceso productivo, es decir, son determinantes del output, pese a no estar bajo el control del productor. Dado que el objetivo básico en un análisis DEA es obtener índices de eficiencia que permitan conocer si es acertada o no la actuación de cada productor, este tipo de inputs debe intervenir en la construcción de dichos índices. En definitiva y como se verá más adelante, no tendría sentido ignorarlos en un primer análisis y posteriormente incluirlos como variables explicativas de los índices de eficiencia en una regresión. En ese caso, esos índices que intentamos explicar no estarían reflejando la eficiencia *real* de cada productor, dado que en su construcción no

² En lo que hace referencia al modelo básico DEA [Charnes, Cooper y Rhodes (1978)], éstos son: rendimientos de escala constantes, disponibilidad fuerte de inputs y outputs, y convexidad del conjunto de referencia. Todos ellos pueden ser relajados, lo que da lugar a una serie de extensiones de este modelo básico.

³ Una amplia bibliografía de los trabajos relacionados con el DEA puede encontrarse en Seiford (1994, 1996).

habrían intervenido todas las variables determinantes del output producido.

Un caso distinto es el de las variables ambientales, factores exógenos que en algunos casos puedan contribuir a explicar la conducta eficiente o ineficiente de los productores. En la revisión realizada por Rouse (1996), éste las divide en dos categorías: relativas a la organización (generalmente restricciones políticas, estratégicas o de gestión) o relativas al entorno físico (factores geográficos, etc.). Este tipo de variables no debe intervenir en la construcción del índice de eficiencia, puesto que no intervienen directamente en el proceso productivo como output o input, pero sí pueden ser utilizadas en una segunda etapa como variables explicativas de la eficiencia en una regresión, caso de ser significativas.

Esta distinción prácticamente no se ha realizado en la literatura de eficiencia de una forma clara, optándose en cada caso por incluir ambos tipos de factores de forma conjunta, bien en la construcción del índice de eficiencia, o bien en una regresión posterior. Este hecho hace que las conclusiones que se obtengan finalmente en el análisis, con el objetivo final de tomar decisiones que permitan mejorar la asignación de los recursos productivos, puedan depender de cuál sea el tratamiento arbitrario que se haya dado a ambas categorías de factores.

Centrándonos en el sector objeto de nuestro análisis empírico, la Educación Pública, los factores que no están bajo el control del productor tienen un efecto decisivo sobre el resultado final del proceso educativo, reconocido ampliamente en la literatura económica sobre los determinantes de los resultados educativos [Cohn, Millman y Chew (1975), Bridge, Judd y Mook (1979), Hanushek (1986), Cohn y Geske (1990), entre otros]. Por tanto, variables que recojan el entorno social, cultural, familiar, etc. en el que se realiza el proceso educativo deben ser incluidas en el modelo metodológico a emplear. Sin embargo, la falta de información disponible sobre estas variables hace que en la mayoría de estudios relacionados suelen quedar excluidas del análisis, lo que puede dar lugar a resultados y conclusiones alejadas de la problemática real de las unidades evaluadas.

Una vez se ha diferenciado conceptualmente entre inputs no discrecionales y variables ambientales, el siguiente paso es determinar la metodología adecuada para introducir cada categoría en el análisis:

3.1. Inputs no discrecionales.

Dado que estos factores afectan de forma directa al output producido, deben intervenir en la construcción del índice de eficiencia. Además del hecho de que estos índices deberían tener en cuenta todas las variables que intervienen en el proceso productivo, hay que reseñar que su valor servirá de base para fijar los objetivos potenciales que deben conseguir los productores considerados ineficientes. Esta es una razón añadida para que el índice de eficiencia que se asigne finalmente a cada productor ya tenga en cuenta el efecto de estos inputs, con el fin de posibilitar una comparación homogénea y equitativa de las unidades evaluadas.

Con este objetivo, el investigador puede optar entre dos posibilidades: realizar un único análisis DEA en el que se tenga en cuenta el carácter no

discrecional de algunos inputs, o un estudio en varias etapas, en el que progresivamente se descuenta del índice de eficiencia original el efecto de estos inputs hasta llegar a un índice “definitivo”, en el que estas influencias sobre la producto final ya hayan sido depuradas. En las siguientes líneas se describen brevemente estas posibilidades, que son las que se aplicarán posteriormente en el análisis empírico.

3.1.1. Análisis en una etapa. Esta vía es iniciada por Banker y Morey (1986) y consiste en la introducción de forma explícita, en la formulación de las restricciones del modelo, del carácter no discrecional de las variables consideradas no controlables por el gestor. En un modelo DEA orientado al input, el objetivo ya no sería maximizar la reducción proporcional de todo el vector de inputs, si no tan sólo respecto al subvector compuesto por los inputs discretos. La consecuencia es una disminución de los índices de eficiencia, así como un aumento de los objetivos potenciales de producción (para las variables controlables) fijados por el análisis. Su principal desventaja respecto a los métodos alternativos reside en que cuando el número potencial de este tipo de variables es elevado (como en la educación), la inclusión de todas ellas en el modelo DEA limita el poder discriminante de esta técnica. Una contribución complementaria, en esta primera opción, es la realizada posteriormente por Golany y Roll (1993), que permite tener en cuenta la posibilidad de que existan variables sobre las que el grado de decisión sea parcial, introduciendo el grado de discrecionalidad de la variable como porcentaje.

3.1.2. Análisis en dos etapas. Este modelo es desarrollado por Pastor (1994). Consta de dos etapas, pero a diferencia de otros modelos bietápicos, aplica exclusivamente la metodología DEA. El objetivo en la primera etapa del estudio es asegurar que todos los productores operen bajo las mismas condiciones respecto a la utilización de los inputs no discretos. Para ello se realiza un análisis DEA tomando como inputs sólo los que no controla el gestor y considerando todos los outputs. Posteriormente, para las unidades consideradas ineficientes en este primer DEA, se elevarían sus valores de outputs hasta que todas ellas se considerasen eficientes. De este modo, según Pastor, se descontaría del análisis el potencial efecto negativo que para estos productores tendría la naturaleza de estos inputs. Por tanto, como resultado de esta primera etapa se obtendrían las unidades originalmente consideradas eficientes (que no han necesitado modificación), y un conjunto de unidades cuyos valores en outputs han sido modificados para descontar los efectos de los inputs no discretos.

A nuestro juicio, los resultados de esta primera etapa no se corresponden con el objetivo perseguido (descontar el efecto de este tipo de inputs en la evaluación), y en la parte posterior de esta comunicación se propone una modificación del modelo que sí permitiría alcanzar esta meta.

En la segunda etapa se realizaría un nuevo análisis DEA, tomando como inputs sólo los factores discretos y considerando todos los outputs. Pero como unidades a evaluar, se considera no sólo el conjunto completo de unidades originales (con sus valores sin modificar), si no también el conjunto de unidades cuyos valores de outputs han sido modificados en la primera etapa. Las conclusiones que nos permitirá extraer esta segunda etapa responden a un doble objetivo. En primer lugar, obtener una clasificación de todos los productores que

haya descontado el efecto de los inputs que no puede controlar el gestor. En segundo lugar, para aquellos productores que operan bajo restricciones externas negativas⁴, la comparación de los índices de eficiencia obtenidos por los valores originales (sin descontar el efectos de los inputs no discrecionales), con los conseguidos por los valores modificados. Esto permite detectar aquellos productores que se ven más perjudicados por este tipo de restricciones en su producción, y atribuir la diferencia entre ambos índices de eficiencia a la influencia de los inputs no discrecionales sobre el proceso productivo.

3.1.3. Análisis en tres etapas. Este modelo ha sido desarrollado recientemente por Fried y Lovell (1996). La principal novedad que aporta respecto a los anteriores es la utilización de las holguras totales (radial y no radial) ⁵ en el descuento del efecto de los inputs no discrecionales sobre el índice de eficiencia.

En la primera etapa se realiza un análisis DEA con los datos de inputs controlables y outputs. En la segunda etapa, que es la clave del modelo, se utilizan las holguras totales (tanto en inputs controlables como en outputs) detectadas en la primera etapa como variables a minimizar en un nuevo DEA, que incluye como restricciones en el programa matemático los inputs no controlables.

En este punto, los autores plantean dos alternativas. Como primera opción, realizar un único análisis DEA para todas las holguras obtenidas en la primera etapa (por tanto se minimizarían las holguras en inputs controlables y outputs simultáneamente). O alternativamente, aplicar un DEA por separado para cada una de estas variables (las holguras en cada variable concreta se minimizarían por separado). La primera opción emplearía un número mayor de observaciones, aunque si el número de unidades evaluadas es suficientemente grande los autores recomiendan la utilización de la segunda opción.

Básicamente, se trataría de construir una envolvente en función de la mínima holgura alcanzable. A las unidades consideradas eficientes en esta segunda etapa se les mantiene el valor de sus variables de la primera etapa inalterado, pero a las consideradas ineficientes se les ajustan dichos valores en función del índice obtenido en este segundo DEA. Los nuevos valores ajustados de inputs controlables y outputs se utilizan en la tercera etapa en un nuevo DEA, cuyo resultado ya tendría descontado el efecto de los inputs no discrecionales sobre las unidades evaluadas.

3.2. Variables ambientales.

Estos factores, pese a no intervenir en la construcción del índice de eficiencia, en ocasiones pueden contribuir a explicar las razones ocultas de una

4 En consecuencia, el valor del índice de eficiencia de la unidad modificada nunca será menor que el de la unidad original.

5 Los modelos anteriores se centraban únicamente en la holgura radial, es decir, la reducción **equiproporcional** de todos los inputs que podrían realizar los productores ineficientes (en la orientación de minimización del input). En este modelo, esta holgura radial se utiliza conjuntamente con aquellas adicionales (no radiales por tanto) que se determinen al alcance del productor evaluado.

conducta ineficiente. Por ello pueden ser utilizados en una fase posterior del análisis, una vez que ya han sido evaluados los productores. Esta es una posibilidad utilizada con profusión en la literatura [Ray (1991), McCarty y Yaisawarng (1993), Lovell, Walters y Wood (1994), Chilingirian (1995), entre otros]. Con ella se persigue atribuir parte de la ineficiencia técnica detectada en el análisis DEA a la existencia de factores ambientales que no han sido incluidos originalmente en el análisis. Como ya se ha visto, esta meta sólo tendría sentido si los índices utilizados ya han descontado el efecto de los inputs no discrecionales.

En este caso, el procedimiento consiste en un estudio en dos etapas. En la primera de ellas se aplica el método DEA sin tener en cuenta estas variables ambientales. En la segunda etapa, el valor de los índices obtenidos se toma como variable dependiente en una regresión, en la que se consideran como variables explicativas los factores ambientales. En este caso se suele utilizar un análisis de regresión Tobit ⁶, con el fin de evitar el problema del límite superior de los índices de eficiencia, que hace que una regresión mínimo cuadrática produzca estimaciones sesgadas (Maddala, 1983).

El objetivo del análisis empírico, que se presenta en el siguiente punto, es la comparación y análisis detallado de los resultados obtenidos tras aplicar las tres técnicas anteriores para la inclusión de los inputs no discrecionales, en el campo de la producción pública de educación secundaria.

4.- EL ANÁLISIS EMPÍRICO.

Como ya se ha comentado, el objetivo de este estudio es analizar la eficiencia técnica en que incurren los Institutos de Enseñanza Secundaria públicos. Para ello se han seleccionado, como objeto de la evaluación, los 62 IES públicos localizados en el Principado de Asturias que durante el curso académico 1996-7 ofertaron COU, o su equivalente en la nueva ordenación educativa LOGSE (2º de Bachillerato). Concretamente, de todos ellos, 35 impartieron COU, 22 el equivalente LOGSE, y en 5 se simultanearon ambas posibilidades⁷.

Respecto a la selección de las variables a utilizar en el estudio, se han seguido las principales pautas marcadas en los trabajos más importantes relativos

⁶ La utilización de este tipo de regresión no está plenamente aceptado, dado que su origen conceptual (el caso de las variables censuradas) no se corresponde estrictamente con el problema del límite superior de los índices de eficiencia. No obstante, es la posibilidad más utilizada por los investigadores, asumiendo una similitud entre ambos casos. Otra posibilidad utilizada por algunos autores es el modelo de Andersen y Petersen (1993), que elimina el límite superior de los índices al extraer la unidad evaluada del conjunto de comparación. A nuestro entender, esta vía no hace más que añadir problemas de interpretación al análisis, dado que cada productor pasa a ser comparado con una frontera distinta. Sin embargo, sí es aprovechable la utilización de este procedimiento para el caso concreto de la detección de outliers.

⁷ Esta distinción es relevante, puesto que se enfrentan a pruebas de acceso a la Universidad distintas (aunque similares, Selectividad y P.A.U. respectivamente), lo que permitirá comparar entre sí los resultados de ambas categorías.

al análisis de la eficiencia en el sector educativo:

- **Outputs.** Tomando como base las notas obtenidas por los alumnos en las pruebas de acceso a la Universidad realizadas en Junio de 1997, se han determinado dos indicadores relevantes:

- * Porcentaje de aprobados con respecto a los matriculados en COU/2^o Bach. a principios del curso académico.
- * Nota media obtenida por los alumnos que han aprobado las mencionadas pruebas.

Se considera la necesidad de incluir ambas categorías de outputs, dado que la información suministrada por cada una de ellas es relevante a la hora de estudiar la actuación de un IES. Por un lado, la tasa de alumnos que pueden acceder a la Universidad respecto a los que iniciaron el curso previo, y por otro lado (y no menos importante), la probabilidad que tengan esos alumnos de acceder a la carrera que deseen estudiar (posibilidad que estará en función de la nota que obtengan en la prueba correspondiente).

- **Inputs discrecionales.** Aun teniendo en cuenta que el control que los centros educativos puedan tener sobre estas variables es relativo, se han determinado las siguientes:

- * Gastos de funcionamiento del centro por alumno matriculado (excluidas las partidas de remuneración del personal docente).
- * N^o de profesores por cada 100 alumnos matriculados.

- **Inputs no discrecionales.** Ya se ha señalado en la presentación de este trabajo que esta categoría es la cuestión más problemática en cuanto a su tratamiento, y por ello, en la que se centra esta investigación. La ausencia de datos oficiales al respecto ha hecho que en los estudios empíricos se suelen utilizar variables proxy, cuya vinculación con las variables verdaderamente relevantes no siempre está debidamente justificada. La única solución al respecto consiste en realizar el correspondiente trabajo de campo que mitigue en lo posible esta dificultad.

Por ello, en esta investigación se ha optado por realizar una encuesta que permita obtener la mayor información posible sobre estas variables concretas. Concretamente, se diseñó un cuestionario de 27 preguntas de respuesta cerrada relativas al entorno familiar y socioeconómico del alumno. Este cuestionario se pasó durante los meses de Marzo y Abril de 1997 a los alumnos de los cursos objeto de estudio que estaban presentes en el centro correspondiente. Esto supuso entrevistar a un total de 5.847 estudiantes, con lo que si se tiene en cuenta que los alumnos matriculados a principios del año académico en los cursos de interés eran 8.532, los alumnos finalmente encuestados representan un 68,53% del total.

El primer paso del obligado proceso de depuración de los datos proporcionados por la encuesta, consiste en la definición de las variables que, con

base en la literatura teórica y en los trabajos empíricos, deben ser incluidas en el análisis de eficiencia de los institutos. Mencionar que en el cuestionario se incluyeron al respecto algunas preguntas que se relacionaban con la misma variable, con el fin de cruzar las respuestas y filtrar así posibles errores. En un principio se seleccionaron once variables agrupadas en dos categorías, relacionadas con el alumno como individuo y relativas a su entorno familiar. Sin embargo, debido a la alta correlación que presentaban varias de ellas entre sí, se redujo su número a cinco, que suministran prácticamente la misma información y que se presentan en el Cuadro 1.

VARIABLE	SIGNIFICADO
<i>ESTUDIO</i>	% de alumnos que estudian más de diez horas a la semana y que preparan los exámenes con suficiente anterioridad
<i>IMAGEN</i>	% de alumnos que creen que tanto sus padres como sus profesores tienen altas expectativas respecto a su futuro académico
<i>ASISTENCIA</i>	% de alumnos que afirman asistir siempre a clase
<i>INGRESOS FAMILIARES</i>	% de alumnos para los que las rentas anuales de la familia con que conviven superan los dos millones y medio de pts.
<i>APA</i>	% de alumnos cuyos padres participan de forma activa en las asociaciones de padres de alumnos

Cuadro 1. Variables exógenas a considerar en el estudio.

Es necesario realizar algún comentario al respecto de las variables recogidas en esta tabla. Respecto a la definición de su significado, se ha tenido en cuenta un criterio de efecto positivo sobre el rendimiento educativo (con el fin de permitir su inclusión como input en el análisis DEA). No obstante, dependiendo de las necesidades metodológicas, todas ellas pueden definirse a su vez siguiendo una pauta de relación negativa. En el Cuadro 2 se presentan las estadísticas descriptivas de todas las variables seleccionadas en esta investigación.

Una vez definidas las variables que vamos a utilizar en el análisis, el siguiente paso a realizar en esta investigación será la aplicación de las metodologías presentadas en los puntos anteriores. Con ello se espera extraer conclusiones detalladas que permitan a los gestores de los centros educativos el ahorro de recursos, así como establecer objetivos de producción que, basándose

en la comparación entre productores de similares características, estén en la práctica al alcance de los centros evaluados.

VARIABLE	Media	Desv.T.	Máx.	Min.
Outputs				
% aprobados	37.8	11.2	62.85	4.34
Nota media aprobados (x100)	55.5	3.06	64.66	47.55
Inputs discrecionales				
Gasto por alumno (en miles pts.)	14.81	7.17	35.92	4.46
Profesores cada 100 alumnos	6.25	0.85	8.74	4.69
Inputs no discrecionales				
Estudio	19.78	7.51	35.36	2.04
Imagen	51.73	10.2	72	25.92
Asistencia	67.11	9.25	88.5	42.3
Ingresos familiares	58.01	9.85	85.3	26.9
Asociación Padres	33.96	11.29	62.7	18.2

Cuadro 2. Estadística descriptiva de las variables seleccionadas.

5.- PRIMEROS RESULTADOS.

Dentro de este epígrafe se presentan, someramente, los resultados preliminares obtenidos tras aplicar dos de las opciones metodológicas antes reseñadas a nuestros datos:

5.1. La técnica de Banker y Morey (1986).

Con el fin de estudiar la modificación propuesta por Banker y Morey, se utilizó el modelo DEA con rendimientos variables de escala (BCC) orientado a la minimización del input. Dicho modelo se analizó desde cuatro vertientes distintas, con el fin de confirmar una serie de hipótesis de partida, que son las siguientes:

- I. El análisis de eficiencia técnica de los institutos evaluados debe tener en cuenta los factores no discrecionales, si no queremos que las conclusiones que obtengamos se alejen de la realidad. En otras palabras, la consideración o no de estas variables en el análisis da lugar a dos calificaciones distintas de la actuación de los productores.
- II. Sin embargo, y desde una óptica cuantitativa, no basta con su introducción en el estudio, si no que ésta debe incluir el carácter no discrecional de estas variables. Si se utiliza la opción propuesta por Banker y Morey con esta finalidad, los índices de eficiencia variarán a la baja, aunque la distinción entre eficientes e

ineficientes será similar.

III. El problema de aplicar esta posibilidad consiste en que a medida que aumenta el número de inputs no discrecionales, la técnica pierde poder de discriminación (aumenta el porcentaje de productores considerados eficientes).

IV. Aun así, el hecho de aumentar el número de estas variables no conduce a resultados contradictorios, pues los productores calificados como eficientes con un número reducido de factores, siguen siendo así considerados cuando se incrementan las variables consideradas. Sí varía la consideración de algunas unidades, anteriormente consideradas ineficientes, que puedan tener una conexión con las nuevas variables cuantitativamente importante.

Para contrastar estos supuestos se realizaron cuatro análisis, con las siguientes diferencias entre ellos:

Análisis 1.- Sólo se tienen en cuenta como inputs los realmente controlables (*gasto y nº de profesores*), sin incluir los que están fuera del control del productor.

Análisis 2.- Se incluyen los inputs controlables anteriores y tres más (*estudio, ingresos e imagen*), considerándolos también controlables.

Análisis 3.- Son considerados los cinco inputs del Análisis 2, pero caracterizando a los tres últimos como no controlables a través de la modificación de Banker y Morey.

Análisis 4.- Se añaden al conjunto de inputs no controlables dos más (*asistencia y asociación de padres*).

Los resultados obtenidos tras cada uno de los modelos analizados se presentan en la Tabla 1. Esta información se resume en el Cuadro 3, del que podemos extraer una serie de conclusiones. El modelo que no tiene en cuenta los inputs no discrecionales (A. 1) tan sólo nos muestra a doce institutos como eficientes. Sin embargo, si se tienen en cuenta estos factores (A. 2), vemos como quince institutos anteriormente considerados como ineficientes, y por tanto susceptibles de necesitar modificaciones en su gestión, pasan a ser calificados como eficientes. Estos productores son aquellos que, perjudicados por un entorno familiar y del alumno desfavorable para la educación, no alcanzan los resultados de otros con mejor ambiente externo, pero sin embargo sí que tienen buenos resultados en la medida de sus posibilidades. Estos institutos son los que corren el riesgo de ser considerados injustamente como ineficientes si no se tienen en cuenta en el análisis los factores no discrecionales.

	A. 1	A. 2	A. 3	A. 4
Nº uds. eficientes	12	27	27	39
% uds. eficientes	19%	43%	43%	62%
Ef. media uds. ineficientes	77	89.53	81.73	82.46

Cuadro 3. Estadística descriptiva de las distintas clasificaciones obtenidas.

Por otro lado, se puede comprobar cómo al introducir la característica de inputs no discrecionales (A. 3) en el programa matemático según Banker y Morey, la variación potencial en los índices tiene sobre todo un carácter cuantitativo. En otras palabras, se sigue realizando la misma distinción entre eficientes e ineficientes que si no se introduce dicha modificación (A. 2). Pero los índices de eficiencia de las unidades ineficientes disminuyen (en este análisis un 8 % como media), mostrando un aumento en los objetivos potenciales para los inputs discrecionales, como se verá más adelante.

No obstante, la principal desventaja del método utilizado para introducir los factores no discrecionales en el análisis es la pérdida de capacidad discriminativa a medida que aumenta el número de variables consideradas. En nuestro estudio, la consecuencia de añadir dos nuevos inputs exógenos (A. 4) es el aumento de las unidades calificadas como eficientes de 27 a 39.

Aunque este hecho no deja de tener importancia, sin embargo no afectaría en gran medida a las conclusiones esenciales de la investigación, por cuanto la distribución y ordenación de las unidades evaluadas es relativamente similar si comparamos los análisis A. 3 y A. 4 (con tres y cinco inputs no discrecionales respectivamente). Concretamente, se ha aplicado el test de correlación de rangos de Spearman (utilizado habitualmente, en temas de eficiencia, como forma de analizar la robustez de los resultados a distintas especificaciones) a la comparación de ambas distribuciones, arrojando un coeficiente de correlación del 72% significativo para un nivel de confianza del 99%. Este resultado permite considerar las dos distribuciones de índices de eficiencia como similares, con la diferencia antes reseñada del número de unidades eficientes.

Hasta aquí hemos analizado brevemente los distintos resultados de los cuatro análisis desde la óptica de la distribución de los índices de eficiencia, y de la consiguiente ordenación de los productores evaluados. Pero tan importante o más, desde un punto de vista operativo, es observar la información aportada por la investigación para cada uno de los productores. Para ello tomaremos como ejemplo la información obtenida para la Unidad 9, que se presenta en el Cuadro 4.

Según el primero de los análisis realizados (A. 1), este instituto tendría un amplio margen de mejora, pues alcanza una ineficiencia cercana al 20%. Además, incluso dobla este porcentaje en el input *gasto* (47%). Para conseguir mejorar su gestión, debería imitar la actuación de las Unidades 22 y 35, que son aquellos que con unos valores similares en cuanto a los dos inputs, obtienen unos mejores resultados. Sin embargo, si nos quedamos aquí, estas conclusiones nos darían una versión distorsionada de la realidad de este instituto.

Al añadirse los tres primeros inputs no discrecionales (pero aún considerándolos controlables, A. 2), vemos como su índice de eficiencia pasa a ser del 95%, bastante mayor que en el análisis anterior. Asimismo, los objetivos fijados para conseguir una actuación eficiente ya no son tan exigentes como antes, quedándose aproximadamente en la mitad respecto a los anteriores. En otras palabras, si no se hubiesen considerado las variables externas que condicionan su actuación, el gestor se habría formado una imagen engañosa de este productor, fijándole una

expectativas de mejora que posiblemente este instituto no estaría en condiciones de alcanzar. Además, ahora los modelos a seguir por este productor ya no serían los anteriores, sino aquellos productores que obtienen mejores resultados, no sólo con valores similares en los inputs discrecionales, si no también en los no controlables (en este caso sería las Unidades 13, 40 y 56).

Unidad 9			A. 1	A. 2	A. 3	A. 4
Índice ef.			79.3	95.23	88.67	88.67
Valores de variables			Objetivos de mejora			
	Media	Unidad 9				
Outputs						
Notas	55.5	52.47	55.15 (5%)	53.52 (2%)	54.00 (3%)	54.00 (3%)
Aprobados	37.8	52.88	52.88 (0%)	52.88 (0%)	52.88 (0%)	52.88 (0%)
Inputs contr.						
Gasto	14.81	15.25	8.07 (47%)	11.85 (22%)	10.96 (28%)	10.96 (28%)
Nº profesores	6.25	6.2	4.92 (20%)	5.71 (7%)	5.50 (11%)	5.50 (11%)
Inputs in contr.						
Ingresos	58.01	56.3				
Estudio	19.78	25.3				
Imagen	51.73	49.5				
As. Padres	33.96	41.8				
Asistencia	67.11	78.0				

Cuadro 4. Información obtenida para la Unidad 9.

Cuando aplicamos a estas tres variables la cualificación de no discrecionales (A. 3), y en consonancia con lo ya comentado anteriormente, observamos una pequeña variación a la baja en el índice de eficiencia, a la vez que se incrementan los objetivos fijados para los inputs considerados controlables. Sin embargo, estos últimos ya serían unos resultados fiables, lo que corrobora el hecho de que al añadir dos nuevos inputs no discrecionales (A. 4), no se produce variación en los resultados (sólo se daría si el productor evaluado estuviera especialmente relacionado con las dos nuevas variables).

5.2. El modelo desarrollado por Pastor (1994).

El siguiente paso en esta investigación consistió en la aplicación del modelo sugerido por Pastor a los datos anteriores. Como ya se ha comentado, en la primera etapa se realiza un DEA utilizando todos los outputs y como inputs únicamente los no controlables.

El objetivo de esta primera etapa sería conseguir descontar el efecto de los condicionantes externos en la actuación de los productores. Según Pastor, esto se conseguiría incrementando el valor de los outputs de aquellas unidades que se consideren ineficientes en esta primera fase. La medida de este aumento necesario

nos la da el valor alcanzado en su índice de eficiencia, con lo que los outputs modificados se interpretarían como el valor de outputs que obtendría ese productor si operase en unas condiciones externas más benignas (o al menos similares a las del resto de los productores) para el proceso productivo. Para las unidades determinadas eficientes su valor en outputs se mantendría inalterado, pues se considera que ya estarían actuando en condiciones externas adecuadas.

Sin embargo, en nuestra opinión ésta es una interpretación equivocada de la operación realizada. Dado que en el análisis DEA se incluyen los inputs según el concepto habitualmente empleado en teoría económica (relación directa entre consumo de inputs y producción), los factores no controlables se introducen partiendo de su influencia positiva en el resultado final. En nuestro caso, se utilizaron las cinco variables ya presentadas con los mismos valores anteriores (es decir, utilizando un criterio de efecto positivo sobre el rendimiento educativo).

En esencia, el método DEA determina como eficientes a aquellos productores que, en términos relativos, produzcan más output para un nivel de inputs fijo (si se utiliza la opción de maximización del output) o consuman menos inputs para un nivel de output dado (en la opción de minimización del input). En el contexto del DEA utilizado por Pastor en la primera etapa, y siguiendo la misma opción (maximización del output), se considerarían eficientes a aquellos productores que obtengan mejores resultados para unas condiciones externas dadas. Y por tanto ineficientes a aquellos que obtengan peores resultados según sus condiciones externas. A estos últimos es a los que Pastor aumenta el valor de sus outputs con el fin de compensar el efecto de los factores no discrecionales.

Este es un razonamiento que en primera instancia puede parecer válido. Pero que sin embargo, no es aplicable en la práctica de la forma sugerida por Pastor. Dado que los inputs no controlables se introducen siguiendo una relación positiva con el output, cuánto más input se consuma (mejores condiciones externas), mayor posibilidad existirá de que ese productor sea declarado ineficiente (manteniendo constante todo lo demás) e incrementados sus outputs para descontar el efecto de las variables no controlables. Es decir, el resultado sería el contrario del que se persigue, que no es otro que conocer los outputs que obtendrían aquellos productores cuya actuación se ve afectada por restricciones externas en la utilización de inputs no controlables.

Sirva el ejemplo de un productor que actúe en buenas condiciones externas (por tanto, alto consumo de inputs). Si este productor obtiene malos resultados (bajo valor en outputs), sería considerado ineficiente y sus valores de outputs se incrementarían, con el fin de compensar un entorno externo "negativo" para la producción. Es decir, se achacaría la diferencia entre sus outputs reales y los modificados a unas potenciales condiciones negativas que sin embargo no sufre este productor. Por tanto, se estaría achacando sus malos resultados a las variables no discrecionales cuando en realidad la causa debería encontrarse en otros factores como mala gestión, etc. que sí están bajo el control del productor.

Esta interpretación equivocada también se da en el caso de aquellos productores que, actuando en unas condiciones externas negativas (por tanto, bajo consumo de inputs), puedan compensarlas con su buen funcionamiento y obtener

buenos resultados. Estas unidades serían declaradas eficientes en este primer DEA, y por tanto, sus valores de outputs quedarían inalterados, pese a actuar en un entorno perjudicial para el proceso educativo.

En definitiva, la meta perseguida de descontar el efecto de inputs no controlables sobre la producción a través de incrementos en los outputs no se estaría consiguiendo de este modo. Productores con buen entorno ambiental y mala gestión se verían favorecidos por el análisis (que incrementaría sus outputs, interpretando erróneamente como causa de sus malos resultados los factores no controlables), y productores con entorno negativo y buenos resultados, sin embargo, verían como dicho efecto perjudicial no se tiene en cuenta en la evaluación de su eficiencia.

Con el fin de confirmar estas impresiones respecto a la primera etapa, se aplicó a nuestros datos el modelo DEA de rendimientos variables de escala y orientado a la maximización del output, con las cinco variables no discrecionales y los dos outputs considerados en la investigación. A las unidades consideradas ineficientes, se les aumentó el valor de sus outputs de forma proporcional según el valor de su índice de eficiencia (si por ejemplo un productor obtiene un índice del 80%, sus dos valores de outputs se incrementaron en un 20%). Los resultados de esta primera etapa se presentan en la Tabla 2.

A nivel ilustrativo, se han señalado con asterisco los valores de las variables no controlables que están por encima de la media (es decir, que reflejan un valor favorable para la educación de esa variable específica). El valor del índice de eficiencia I (obtenido según la interpretación propuesta por Pastor) determina el aumento que se aplicará a los valores originales de outputs de las unidades que se consideran ineficientes.

Como resultado de este primer análisis se obtienen 29 unidades ineficientes, a las que se les modifica el valor de sus outputs para compensar el efecto de un entorno negativo. Sin embargo, la mayoría de estas unidades operan en unas condiciones que ya son buenas para el proceso educativo, por lo que no habría razón para, justificándose en el efecto de los inputs no discrecionales, aumentar el valor de sus outputs. De hecho, de los diez Institutos en los que cuatro o las cinco variables exógenas están por encima de la media (serían los que gozan de mejores condiciones externas globales), sólo la Unidad 3 es considerada eficiente. La Unidad 55, por ejemplo, tiene valores por encima de la media en sus cinco variables no controlables (reflejando un entorno propicio para la educación). Sin embargo, como obtiene relativamente malos resultados, sus outputs son aumentados en un 14.92%. En el caso opuesto están las Unidades 17, 40 y 41, que pese a tener todos los valores de estas variables por debajo de la media, son considerados eficientes y no se altera el valor de sus outputs (interpretando, por tanto, que ese entorno negativo no les afectaría en el proceso educativo).

En esta comunicación proponemos una modificación en la primera etapa del modelo de Pastor que permitiría evitar este problema. Como se ha comentado antes, y debido al funcionamiento del DEA, las unidades con mayor utilización relativa de inputs son la que con mayor probabilidad serán consideradas ineficientes, y por tanto sus valores de outputs aumentados. Hay que recordar que

el objetivo que se persigue con esta operación es aproximarnos a lo que producirían las unidades declaradas ineficientes si no tuviesen un entorno negativo. El problema viene dado por el concepto de input que utiliza Pastor (el habitual en Teoría económica, de relación positiva con la producción), que hace que los que más inputs utilizan son precisamente los que mejores condiciones externas disfrutan, y que por tanto, no necesitarían una modificación de sus outputs para compensar el efecto de las variables no controlables.

Esta dificultad queda solventada si se introducen estas variables en el análisis DEA siguiendo una pauta de relación negativa con el output. Es decir, a mayor valor de las variables no controlables, menor valor de los outputs. En nuestro estudio empírico, variables como *estudio* o *asistencia*, reflejarían el % de alumnos que no estudian lo suficiente, o que no asisten a clase todo lo que deberían. De este modo, los productores que se tendería a considerar ineficientes en el análisis DEA (los que más input utilizan relativamente), serían precisamente aquellos que tienen unas condiciones negativas para el proceso educativo.

En definitiva, si se realiza esta modificación en el modelo los productores a los que se va a aumentar el valor de sus outputs (los ineficientes en esta primera etapa), son aquellos que potencialmente podrían obtener mejores resultados si operasen bajo unas restricciones externas más favorables. Por tanto, el valor del output modificado sería una aproximación a esta producción potencial, que posteriormente se utiliza en la segunda etapa para conocer la verdadera ineficiencia técnica de los productores (la que tiene su origen en factores que sí están bajo el control de los productores).

Para observar los resultados de introducir la modificación propuesta en el modelo, y dado que todas nuestras variables no controlables se miden en porcentaje, se utilizó el valor $(100 - x)$, donde x es el valor de la variable no discrecional cuando la utilizábamos según una relación favorable con el output ⁸. Los resultados de esta variante se presentan en la Tabla 2, donde se muestra el valor del nuevo índice de eficiencia (*InEf I bis*), así como la diferencia entre los índices obtenidos según el modelo original y según la modificación propuesta (*dif ind*).

La comparación de los índices de eficiencia obtenidos en los dos análisis confirma las ideas expuestas en los párrafos anteriores. Tras aplicar la modificación propuesta, los Institutos que obtienen una mayor disminución de los índices de eficiencia son precisamente aquellos que operan en peores condiciones externas. Estos mismos productores son los que necesitan un incremento adicional de sus outputs para compensar el efecto de un entorno negativo, incremento que será aplicado al ser declarados ineficientes en nuestra propuesta. Sirvan como ejemplos los tres Institutos (Unidades 17, 40 y 41) que, con el modelo de Pastor, pese a tener todas sus variables no discretionales por debajo de la media (entorno negativo) eran considerados eficientes en esta primera etapa. Con nuestra propuesta todos ellos verían aumentados sus outputs en más de un 10% (en el caso de la Unidad 41

⁸ Si por ejemplo, en el anterior análisis, el valor de la variables exógena reflejaba que el 70% de sus alumnos asiste siempre a clase, ahora se interpretaría como que el 30% de sus alumnos no asiste clase con la asiduidad que debería.

llegaría al 18%), logrando el objetivo original de conocer su producción potencial tras descontar el efecto negativo de las variables no controlables.

Del mismo modo, los productores que anteriormente veían aumentados sus outputs, pese a operar en buenas condiciones externas (las Unidades 55 y 57 tienen todas sus variables no controlables por encima de la media), son ahora los que mayor aumento del índice de eficiencia presentan, siendo considerados eficientes en esta primera etapa y manteniendo por tanto sus outputs inalterados. Con ello se consigue que no se atribuya a un inexistente entorno negativo parte de su ineficiencia técnica.

Una vez resuelto el problema anterior con la modificación que proponemos, el desarrollo de la segunda etapa del modelo sí que sería operativo y permite obtener conclusiones interesantes. Este segundo DEA considera como unidades a evaluar tanto las originales, con sus valores sin modificar (en nuestro caso 62 Institutos), como las unidades consideradas ineficientes en el primer DEA, con sus outputs modificados (tendríamos 43 unidades modificadas). Como inputs se incluyen únicamente los que están bajo el control del productor (en nuestro caso, gasto y número de profesores, ambos por alumno) y como outputs los dos considerados hasta el momento (con sus valores originales o modificados dependiendo de la unidad evaluada).

Además de la evaluación de la eficiencia técnica de los productores (partiendo de que han sido descontados los efectos de los factores no controlables), el objetivo de esta segunda etapa es la comparación de los índices que obtengan las unidades cuyos valores se hayan modificado, con los de la misma unidad con valores originales. La diferencia entre ambos índices debe atribuirse al efecto de unas restricciones externas relativamente negativas, lo que también permite identificar a los productores más perjudicados por éstas. Los resultados obtenidos en este segundo DEA se ofrecen en la Tabla 3.

Como es lógico, para aquellas unidades cuyo valor de output se haya incrementado, el índice de eficiencia obtenido por la unidad modificada (las que llevan "m" delante del nombre) siempre será mayor que el de la unidad original. Por ello, las unidades cuyos índices se deben estudiar en la evaluación definitiva serán las que no han sido modificadas, y además, para las que sí lo han sido, el índice alcanzado por la unidad modificada (que sería el que reflejaría su verdadera ineficiencia, una vez descontado con el aumento de outputs el efecto de las variables no discrecionales). Por esta razón en la tabla se han sombreado los índices de las unidades originales que tienen unidad modificada, puesto que de momento no serían relevantes en el análisis (que recordemos que pretende comparar las unidades una vez descontadas las restricciones externas).

Esta información se completa con la comparación, únicamente para las unidades que han sufrido modificación (las que se verían afectadas en su producción por peores condiciones externas), de los índices obtenidos por la unidad original y la modificada. Esta observación permite identificar a los productores que más se ven perjudicados por circunstancias externas que afectan negativamente a sus resultados (que serían aquellos que experimentan un mayor crecimiento en sus índices de eficiencia tras descontar el efecto de los inputs no

controlables). Esta comparación se ofrece en la Tabla 4.

Esta tabla permite determinar que las Unidades 18, 53 y 41 serían aquellas que más se ven afectadas en su producción por el efecto de un entorno desfavorable. Por tanto, serían las que mayor riesgo corren de ser evaluados de forma injusta, si no se le da la debida importancia al efecto de los inputs no controlables sobre la producción de educación.

5.3. La utilización de regresiones en una segunda fase del análisis.

Con objeto de contrastar cuál debe ser la adecuada utilización de esta posibilidad, se aplicó esta opción metodológica a los inputs no discrecionales seleccionados en la investigación empírica. Es decir, en primer lugar se realizó un análisis DEA teniendo en cuenta únicamente los inputs controlables. Posteriormente los índices de eficiencia obtenidos se tomaron como variable dependiente en una regresión Tobit, en la que como variables explicativas de dichos índices se tomaron los cinco inputs no controlables.

Los resultados que se obtuvieron no muestran ninguna de estas variables como significativa para explicar la eficiencia de los productores, pese a tener una importancia decisiva en el proceso educativo. Este hecho demuestra que lo correcto es su introducción en la fase anterior del análisis, es decir, en la construcción del índice de eficiencia, que posteriormente podría ser explicado con otras variables, las que hemos denominado ambientales ⁹. Pero si se ignora este hecho, como sucede en algunos trabajos, se podría llegar a la equivocada conclusión de que no son significativas para la investigación, cuando en realidad son unos determinantes fundamentales del resultado final del proceso productivo.

6.- RECAPITULACIÓN.

En esta comunicación se ha planteado la cuestión de la inclusión de los inputs no discrecionales en un análisis de la eficiencia técnica, así como la importancia conceptual y metodológica de separarlos de las variables ambientales. Este es un problema a resolver en cualquier estudio riguroso que pretenda tener en cuenta todas las variables que puedan afectar a los resultados de los productores.

Además, su relevancia se incrementa cuando el sector objeto de análisis es la Educación pues, como consta en la literatura teórica relativa a los determinantes de los resultados educativos, los factores del entorno familiar y socioeconómico del alumno tienen un efecto indudable sobre sus resultados académicos. Son factores que se escapan del control de los centros educativos y que por tanto, de no tenerse en cuenta su carácter no discrecional, pueden dar lugar a un sesgo a la baja en la

⁹ En nuestro análisis empírico se utilizaron las variables *urbano/rural* y *COU/LOGSE* en un nuevo análisis Tobit, como ejemplos de la utilización de variables ambientales, sin que ninguna de ellas fuese significativa para explicar la ineficiencia de los productores evaluados.

evaluación de la eficiencia real de los productores.

En la investigación en curso que aquí hemos presentado se ha obtenido, a través de la realización de una encuesta, información acerca de cinco variables que se consideran representativas de los distintos aspectos no controlables por el centro educativo que pueden influir sobre el comportamiento, capacidad, actitud, etc. del alumno. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos tras aplicar las opciones desarrolladas por Banker y Morey, y por Pastor, a esta información. En el segundo de los casos se propone una modificación del modelo, que permite obtener conclusiones más operativas acerca de la realidad de los centros evaluados.

Debido a limitaciones de espacio, el gran caudal de información que estas técnicas aportan sobre la actividad de los productores se ha presentado en esta comunicación de forma breve y general. Los siguientes pasos en la investigación consistirán en el análisis detallado de dicha información, de cara a su aplicación en el funcionamiento cotidiano de los centros evaluados, así como la aplicación a nuestros datos del modelo en tres etapas y la comparación de sus resultados con los ya obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, A. y Seiford L.M. (1993).** "The mathematical programming approach to efficiency analysis". En Fried, H., Lovell, C. y Schmidt, S. (eds.), *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*. Oxford University Press, New York: 120-159.
- Andersen, P. y Petersen, N. C. (1993).** "A procedure for ranking efficient units in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 39 (10): 1261-1264.
- Banker, R.D. y Morey, R. (1986).** "Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs", *Operations Research*, 34(4): 513-521.
- Bridge, R.G., Judd, C.M. y Moock, P.R. (1979).** *The determinants of educational outcomes*. Ballinger Publishing Company. Cambridge, Massachusetts.
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978).** "Measuring the efficiency of Decision-Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2 (6): 429-444.
- Chilingerian, J.A. (1995).** "Evaluating physician efficiency in hospitals: A multivariate analysis of best practices". *European Journal of Operational Research*, 80 (3):548-574
- Cohn, E., Millman, S.D. y Chew, I.-K. (1975).** *Input-Output Analysis in Public Education*. Ballinger Publishing Company. Cambridge, Mass.
- Cohn, E. y Geske, T.G. (1990).** *The Economics of Education* (3^{ra} ed.). Pergamon Press.
- Fried, H.O. y Lovell, C.A.K. (1996).** "Searching for the Zeds", ponencia presentada en el II Georgia Productivity Workshop.
- Greene, W.H. (1993).** "The econometric approach to efficiency analysis". En Fried, H., Lovell, C. y Schmidt, S. (eds.), *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*.

Oxford University Press, New York: 68-119.

Golany, B. y Roll, Y. (1993). "Some extension of techniques to handle non-discretionary factors in Data Envelopment Analysis", *The Journal of Productivity Analysis*, 4: 419-132.

Hanushek, E. A. (1986). "The Economics of Schooling: Production and efficiency in public schools", *Journal of Economic Literature*, 24: 1141-1177.

Lovell, C.A.K. y Schmidt, P. (1988). "A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency". En Dogramaci, A. y Fare R. (eds.), *Applications of modern production theory: efficiency and productivity*. Boston: Kluwer Academic Publishers: 3-32.

Lovell, C.A.K., Walters, L., y Wood, L. (1994). "Stratified models of education production using Modified DEA". En Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y. y Seiford, L.M. (eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and application*. Kluwer Academic Publishers, Boston: 329-351.

McCarty, T.A. y Yaisawarng, S. (1993). "Technical efficiency in New Jersey school districts". En Fried, H., Lovell, C. y Schmidt, S. (eds.), *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*. Oxford University Press, New York: 271-287.

Maddala, G.S. (1983). *Limited dependent and qualitative variables in Econometrics*. Cambridge Univ. Press, New York.

Pastor, J.T. (1994). ¿How to discount environmental effects in DEA : An application to bank branches?. Documento de trabajo del Instituto Valenciano de Investigaciones Economicas.

Ray, S. C. (1991). "Resource-use efficiency in public schools: A study of Connecticut data", *Management Science*, 37(12): 1620-1629.

Rouse, P. (1996). "Alternative approaches to the treatment of environmental factors in DEA: an evaluation", ponencia presentada en el II Georgia Productivity Workshop.

Seiford, L.M. (1994). "A DEA bibliography (1978-1992)". En Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y. y Seiford, L.M. (eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and application*. Kluwer Academic Publishers, Boston: 437-470.

Seiford, L.M. (1996). ¿Data Envelopment Analysis : The evolution of the state of the art (1978-1995)?. *The Journal of Productivity Analysis*, 7: 99-137.

Schmidt, P. (1985-6). "Frontier production functions". *Econometric Review*, 4: 343-366.

INSTITUTO	A. 1	A. 2	A. 3	A. 4
UNIDAD 1	82.65	83.58	82.65	83.72
UNIDAD 2	69.83	77.08	69.85	69.85
UNIDAD 3	100	100	100	100
UNIDAD 4	80.82	92.57	89.63	100
UNIDAD 5	93.06	99.68	99.1	99.10
UNIDAD 6	100	100	100	100
UNIDAD 7	100	100	100	100
UNIDAD 9	97.5	100	100	100
UNIDAD 8	79.3	95.23	88.67	88.67
UNIDAD 10	100	100	100	100
UNIDAD 11	100	100	100	100
UNIDAD 12	56.57	100	100	100
UNIDAD 13	100	100	100	100
UNIDAD 14	63.5	78.22	65.1	65.10
UNIDAD 15	75.07	87.89	75.1	100
UNIDAD 16	87.34	92.51	88.92	88.92
UNIDAD 17	73.96	100	100	100
UNIDAD 18	70.85	86.88	79.6	100
UNIDAD 19	65.76	92.79	68.05	100
UNIDAD 20	89.16	91.69	90.82	90.82
UNIDAD 21	63.21	100	100	100
UNIDAD 22	100	100	100	100
UNIDAD 23	81.28	91.68	87.95	100
UNIDAD 24	89.5	92.33	91.56	95.17
UNIDAD 25	84.35	87.11	85.21	85.21
UNIDAD 26	73.5	91.01	87.45	89.98
UNIDAD 27	100	100	100	100
UNIDAD 28	84.78	99.9	99.6	100
UNIDAD 29	72.83	87.37	74.7	75.86
UNIDAD 30	93.77	97.49	96.11	100
UNIDAD 31	74.8	85.39	79.84	86.46
UNIDAD 32	79.48	100	100	100
UNIDAD 33	80.17	100	100	100
UNIDAD 34	77.91	88.1	79.07	82.20
UNIDAD 35	100	100	100	100
UNIDAD 36	88.22	100	100	100
UNIDAD 37	62.95	79.94	63.84	66.39
UNIDAD 38	80.58	90.37	82.76	84.11
UNIDAD 39	76.27	100	100	100
UNIDAD 40	100	100	100	100
UNIDAD 41	76.01	100	100	100
UNIDAD 42	80.45	85.67	80.97	100
UNIDAD 43	86.28	94.99	86.91	92.76
UNIDAD 44	68.55	100	100	100
UNIDAD 45	82.16	94.23	82.16	96.92
UNIDAD 46	68.37	90.05	75.38	100
UNIDAD 47	100	100	100	100
UNIDAD 48	75.6	90.24	77.42	100
UNIDAD 49	75.41	96.87	93.02	100
UNIDAD 50	63.99	100	100	100
UNIDAD 51	86.27	95.34	92.7	100
UNIDAD 52	83.6	87.67	85.11	85.11
UNIDAD 53	73.27	95.66	89.11	94.34
UNIDAD 54	81.42	100	100	100
UNIDAD 55	53.66	69.22	53.66	53.66
UNIDAD 56	100	100	100	100
UNIDAD 57	71.17	80.19	73.19	73.19
UNIDAD 58	90.16	100	100	100
UNIDAD 59	66.81	95.44	80.08	80.08
UNIDAD 60	75.44	100	100	100
UNIDAD 61	81.29	100	100	100
UNIDAD 62	61.08	89.15	65.2	69.00

Tabla 1. Índices de eficiencia (en %) obtenidos en los cuatro análisis realizados según el método de Banker y Morey.

Instituto	estud	imag	ingres	asist	apa	Indice I	InEf I bis	dif ind	notas	aprob
UNIDAD 1	*	*	*	*		91.44	100	8.56	56.65	* 33.20
UNIDAD 2			*	*	*	90.27	100	9.73	56.50	* 32.33
UNIDAD 3	*	*	*	*		100	100	0	61.23	* 58.18 *
UNIDAD 4		*	*			100	85.37	-14.63	52.28	49.55 *
UNIDAD 5	*		*	*	*	91.18	90.85	-0.33	51.49	41.76 *
UNIDAD 6					*	100	100	0	64.66	* 20.00
UNIDAD 7				*	*	100	100	0	58.58	* 32.28
UNIDAD 9			*			94.5	90.13	-4.37	54.47	48.16 *
UNIDAD 8	*			*	*	94.85	94.32	-0.53	52.47	52.88 *
UNIDAD 10		*		*		97.27	98.47	1.2	57.98	* 32.46
UNIDAD 11		*	*		*	100	100	0	61.21	* 38.16 *
UNIDAD 12				*		100	87.7	-12.3	54.76	4.41
UNIDAD 13	*			*		100	86.67	-13.33	50.61	47.46 *
UNIDAD 14	*	*		*	*	93.28	100	6.72	56.76	* 36.23
UNIDAD 15	*		*		*	100	93.4	-6.6	56.14	* 46.28 *
UNIDAD 16	*	*	*	*		90.32	90.21	-0.11	54.57	50.26 *
UNIDAD 17						100	89.64	-10.36	57.96	* 7.43
UNIDAD 18		*				100	76.87	-23.13	47.56	32.69
UNIDAD 19			*	*		100	96.09	-3.91	58.02	* 41.38 *
UNIDAD 20	*	*	*	*	*	85.86	86.93	1.07	52.34	37.65
UNIDAD 21			*	*	*	100	88.99	-11.01	52.12	45.59 *
UNIDAD 22	*	*	*			100	100	0	53.31	64.52 *
UNIDAD 23		*	*			100	96.38	-3.62	55.90	* 40.85 *
UNIDAD 24	*	*		*		89.91	91	1.09	55.21	33.51
UNIDAD 25	*		*	*	*	90.24	91.78	1.54	55.62	* 35.41
UNIDAD 26		*	*	*		95.97	94.25	-1.72	57.47	* 35.66
UNIDAD 27			*		*	100	100	0	57.46	* 37.80 *
UNIDAD 28	*				*	100	96.48	-3.52	58.27	* 39.85 *
UNIDAD 29	*		*	*		90.58	88.5	-2.08	53.86	43.09 *
UNIDAD 30	*			*		98.89	96.33	-2.56	57.93	* 43.52 *
UNIDAD 31		*				91.42	87.78	-3.64	55.10	31.33
UNIDAD 32		*		*		95.1	93.25	-1.85	56.38	* 30.00
UNIDAD 33	*	*				100	92.64	-7.36	57.30	* 38.56 *
UNIDAD 34			*	*		90.99	90.32	-0.67	55.11	38.65 *
UNIDAD 35	*		*			100	90.9	-9.1	56.05	* 47.18 *
UNIDAD 36			*			100	92.27	-7.73	55.94	* 50.72 *
UNIDAD 37	*	*	*		*	86.51	87.05	0.54	51.87	40.84 *
UNIDAD 38	*			*	*	87.78	84.89	-2.89	51.94	39.81 *
UNIDAD 39	*			*		99.99	96.55	-3.44	55.68	* 53.01 *
UNIDAD 40						100	86.07	-13.93	53.37	38.71 *
UNIDAD 41						100	81.23	-18.77	51.14	31.65
UNIDAD 42		*	*			100	100	0	55.97	* 43.01 *
UNIDAD 43	*	*				99.22	98.95	-0.27	60.10	* 36.55
UNIDAD 44				*		100	94.91	-5.09	58.14	* 31.48
UNIDAD 45	*	*	*	*		99.33	100	0.67	57.39	* 51.76 *
UNIDAD 46					*	100	87.42	-12.58	53.08	38.66 *
UNIDAD 47		*	*		*	100	100	0	59.55	* 48.61 *
UNIDAD 48	*		*			100	91.6	-8.4	55.78	* 51.94 *
UNIDAD 49		*			*	100	93.76	-6.24	55.73	* 28.93
UNIDAD 50				*		100	91.86	-8.14	56.08	* 24.24
UNIDAD 51		*	*			100	96.07	-3.93	59.05	* 48.82 *
UNIDAD 52			*	*	*	86.58	86.78	0.2	53.12	35.71
UNIDAD 53						85.63	79.72	-5.91	50.38	12.50
UNIDAD 54	*			*	*	100	99.02	-0.98	59.45	* 25.49
UNIDAD 55	*	*	*	*	*	85.08	100	14.92	52.22	44.76 *
UNIDAD 56			*	*	*	100	100	0	58.02	* 62.86 *
UNIDAD 57	*	*	*	*	*	89.21	100	10.79	53.75	44.07 *
UNIDAD 58		*	*		*	95.47	95.96	0.49	55.02	* 48.72 *
UNIDAD 59	*			*	*	92.98	100	7.02	54.59	41.82 *
UNIDAD 60		*		*		100	100	0	58.75	* 5.56
UNIDAD 61					*	100	100	0	59.07	* 36.89
UNIDAD 62	*	*			*	97.15	100	2.85	56.01	* 49.02 *

Tabla 2. Comparación de resultados de la primera etapa con el modelo de Pastor y con la modificación propuesta.

	Instituto	IndEf II		Instituto	IndEf II
1	UNIDAD 3	100	49	m UNIDAD 18	93.56
2	UNIDAD 6	100		UNIDAD 54	93.52
3	UNIDAD 22	100	50	m UNIDAD 58	93.47
4	m UNIDAD 13	100	51	m UNIDAD 23	93.22
5	m UNIDAD 17	100		UNIDAD 19	92.9
6	m UNIDAD 35	100	52	m UNIDAD 9	92.74
7	m UNIDAD 40	100		UNIDAD 33	92.05
8	UNIDAD 56	100	53	UNIDAD 60	91.88
9	m UNIDAD 8	99.85		UNIDAD 44	91.74
10	m UNIDAD 51	99.25		UNIDAD 35	91.67
11	m UNIDAD 33	98.83		UNIDAD 26	91.64
12	m UNIDAD 48	98.6	54	m UNIDAD 5	91.45
13	m UNIDAD 36	98.39		UNIDAD 36	91.33
14	m UNIDAD 31	98.37		UNIDAD 39	91.01
15	m UNIDAD 16	97.97		UNIDAD 48	90.96
16	UNIDAD 11	97.86	55	UNIDAD 62	90.91
17	m UNIDAD 4	97.86		UNIDAD 8	90.87
18	m UNIDAD 28	97.24		UNIDAD 15	90.73
19	m UNIDAD 30	97.17		UNIDAD 17	90.6
20	m UNIDAD 24	97.13	56	UNIDAD 1	90.49
21	UNIDAD 47	97.08	57	UNIDAD 14	90.31
22	m UNIDAD 34	96.91	58	UNIDAD 42	90.28
23	m UNIDAD 26	96.9		UNIDAD 23	89.97
24	m UNIDAD 29	96.86		UNIDAD 58	89.84
25	m UNIDAD 15	96.71		UNIDAD 32	89.71
26	m UNIDAD 41	96.71	59	UNIDAD 2	89.39
27	m UNIDAD 43	96.57		UNIDAD 16	89.24
28	m UNIDAD 19	96.53		UNIDAD 25	89.12
29	m UNIDAD 52	96.51		UNIDAD 24	89.11
30	m UNIDAD 25	96.44		UNIDAD 49	88.73
31	m UNIDAD 38	96.43		UNIDAD 34	88.35
32	m UNIDAD 44	96.41		UNIDAD 13	88.25
33	m UNIDAD 10	96.01	60	UNIDAD 59	87.8
34	m UNIDAD 46	95.81		UNIDAD 40	87.78
35	m UNIDAD 32	95.76		UNIDAD 9	87.74
36	m UNIDAD 53	95.64		UNIDAD 31	87.66
	UNIDAD 43	95.56		UNIDAD 50	87.66
37	m UNIDAD 20	95.53		UNIDAD 29	86.87
	UNIDAD 51	95.5	61	UNIDAD 57	86.84
38	UNIDAD 7	95.22		UNIDAD 4	85.37
39	m UNIDAD 12	95.1		UNIDAD 52	85.25
40	m UNIDAD 50	94.81		UNIDAD 46	85.1
	UNIDAD 10	94.56		UNIDAD 12	84.69
41	m UNIDAD 54	94.45	62	UNIDAD 55	84.63
42	m UNIDAD 37	94.4		UNIDAD 21	84.59
43	m UNIDAD 49	94.28		UNIDAD 20	84.49
44	m UNIDAD 39	94.15		UNIDAD 5	83.79
45	UNIDAD 61	94.01		UNIDAD 38	83.77
	UNIDAD 28	93.93		UNIDAD 37	83.57
46	m UNIDAD 21	93.91		UNIDAD 41	81.42
47	UNIDAD 27	93.88		UNIDAD 53	79.51
	UNIDAD 30	93.72		UNIDAD 18	75.98
48	UNIDAD 45	93.6			

Tabla 3. Resultados de la segunda etapa del modelo.

Instituto	IndEf II bis	Instituto	IndEf II bis	Dif. indices
UNIDAD 18	75.98	m UNIDAD 18	93.56	17.58
UNIDAD 53	79.51	m UNIDAD 53	95.64	16.13
UNIDAD 41	81.42	m UNIDAD 41	96.71	15.29
UNIDAD 38	83.77	m UNIDAD38	96.43	12.66
UNIDAD 4	85.37	m UNIDAD 4	97.86	12.49
UNIDAD 40	87.78	m UNIDAD 40	100	12.22
UNIDAD 13	88.25	m UNIDAD 13	100	11.75
UNIDAD 52	85.25	m UNIDAD 52	96.51	11.26
UNIDAD 20	84.49	m UNIDAD 20	95.53	11.04
UNIDAD 37	83.57	m UNIDAD 37	94.4	10.83
UNIDAD 31	87.66	m UNIDAD 31	98.37	10.71
UNIDAD 46	85.1	m UNIDAD 46	95.81	10.71
UNIDAD 12	84.69	m UNIDAD 12	95.1	10.41
UNIDAD 29	86.87	m UNIDAD 29	96.86	9.99
UNIDAD 17	90.6	m UNIDAD 17	100	9.4
UNIDAD 21	84.59	m UNIDAD 21	93.91	9.32
UNIDAD 8	90.87	m UNIDAD 8	99.85	8.98
UNIDAD 16	89.24	m UNIDAD 16	97.97	8.73
UNIDAD 34	88.35	m UNIDAD 34	96.91	8.56
UNIDAD 35	91.67	m UNIDAD 35	100	8.33
UNIDAD 24	89.11	m UNIDAD 24	97.13	8.02
UNIDAD 5	83.79	m UNIDAD 5	91.45	7.66
UNIDAD 48	90.96	m UNIDAD 48	98.6	7.64
UNIDAD 25	89.12	m UNIDAD 25	96.44	7.32
UNIDAD 50	87.66	m UNIDAD 50	94.81	7.15
UNIDAD 36	91.33	m UNIDAD 36	98.39	7.06
UNIDAD 33	92.05	m UNIDAD 33	98.83	6.78
UNIDAD 32	89.71	m UNIDAD 32	95.76	6.05
UNIDAD 15	90.73	m UNIDAD 15	96.71	5.98
UNIDAD 49	88.73	m UNIDAD 49	94.28	5.55
UNIDAD 26	91.64	m UNIDAD 26	96.9	5.26
UNIDAD 9	87.74	m UNIDAD 9	92.74	5
UNIDAD 44	91.74	m UNIDAD 44	96.41	4.67
UNIDAD 51	95.5	m UNIDAD 51	99.25	3.75
UNIDAD 19	92.9	m UNIDAD 19	96.53	3.63
UNIDAD 58	89.84	m UNIDAD 58	93.47	3.63
UNIDAD 30	93.72	m UNIDAD 30	97.17	3.45
UNIDAD 28	93.93	m UNIDAD 28	97.24	3.31
UNIDAD 23	89.97	m UNIDAD 23	93.22	3.25
UNIDAD 39	91.01	m UNIDAD 39	94.15	3.14
UNIDAD 10	94.56	m UNIDAD 10	96.01	1.45
UNIDAD 43	95.56	m UNIDAD 43	96.57	1.01
UNIDAD 54	93.52	m UNIDAD 54	94.45	0.93

Tabla 4. Comparación de los productores originales y modificados.