

**XI Encuentro de Economía Pública
Barcelona, 5-6 Febrero de 2004**

**“EFICIENCIA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA E
INPUTS NO CONTROLABLES: SENSIBILIDAD DE LOS
RESULTADOS ANTE MODELOS ALTERNATIVOS”**

Autores: **Cordero Ferrera, José Manuel** (Universidad de Extremadura)
Pedraja Chaparro, Francisco (Universidad de Extremadura)
Salinas Jiménez, Javier (Instituto de Estudios Fiscales)

Abstract

El objetivo de este trabajo es estudiar la sensibilidad de los índices de eficiencia estimados para los distintos centros educativos a las diferentes alternativas propuestas en la literatura para incluir los factores exógenos en el análisis. Concretamente, nos centraremos en dos cuestiones fundamentales. Contando con una información muy rica suministrada por unas encuestas sobre estas variables consideraremos, por un lado, la posibilidad de incluir directamente las variables más relevantes en el análisis de eficiencia o de utilizar, alternativamente, el análisis de componentes principales para sintetizar la información recogida en dichas variables. Por otro lado, la comparación entre el enfoque que considera que estos factores deben tenerse en cuenta para calcular directamente los índices de eficiencia definitivos y la alternativa de los estudios multietápicos. El análisis se ha realizado para 79 centros públicos de la Comunidad Autónoma extremeña en el curso 2001-2002.

1.- INTRODUCCIÓN

En la última década se han llevado a cabo una serie de estudios en nuestro país que han tenido como objetivo analizar la eficiencia de los centros educativos en Educación Secundaria aplicando la técnica envolvente de datos (DEA)¹. Todos estos trabajos ponen de manifiesto la gran importancia que tiene la inclusión de las variables no controlables por los centros educativos –representados fundamentalmente por las características del alumno y por su status socioeconómico- en los resultados de dichos análisis.

Un repaso de la literatura especializada nos permite destacar dos posibilidades para poder incluir los inputs no controlables en el análisis DEA². Una primera posibilidad es la consideración de los inputs no controlables desde el principio en el cálculo de los índices de eficiencia a través de un único DEA -análisis pionero de Banker y Morey (1986)-. La segunda posibilidad consiste en un análisis multietápico en el que, tras una primera etapa en la que se realiza un DEA ignorando el efecto de los inputs no controlables en la evaluación, se ajustan los índices calculados con el fin de incorporar los efectos de dichas variables. Dentro de este enfoque se encuadran la metodología del análisis de tres etapas propuesta por Fried y Lovell (1996) y los denominados “*análisis de regresión o de segunda etapa*”³.

El objetivo de este trabajo es estudiar la sensibilidad de los índices de eficiencia estimados para los distintos centros educativos ante las diferentes alternativas propuestas en la literatura para incluir los factores exógenos en el análisis. Concretamente, nos centraremos en dos cuestiones fundamentales. Contando con una información muy rica suministrada por unas encuestas sobre estas variables consideraremos, por un lado, la posibilidad de incluir directamente las variables más relevantes en el análisis de eficiencia o de utilizar, alternativamente, el análisis de componentes principales para sintetizar la información recogida en dichas variables.

¹ La mayor parte de ellos están orientados a tratar de solventar las dificultades relativas al desconocimiento de la función de producción educativa y a la identificación de los factores que influyen sobre los resultados escolares. Véase, por ejemplo, Pedraja y Salinas (1996), Mancebón (1996) o Muñiz (2000). Para una revisión de la literatura de la eficiencia en el ámbito educativo, véase Worthington (2001)

² Para una revisión más detallada de las diferentes técnicas puede consultarse Muñiz (2001).

³ Ray (1991), McCarty y Yaisawarng (1993).

Por otro lado, la comparación entre el enfoque que considera que estos factores deben tenerse en cuenta para calcular directamente los índices de eficiencia definitivos y la alternativa de los análisis multietápicos.

2.- INFORMACIÓN DISPONIBLE Y VARIABLES UTILIZADAS

Para el análisis que pretendemos realizar contamos con datos referentes a 79 centros públicos de educación secundaria de la Comunidad Autónoma de Extremadura. En concreto, la información disponible hace referencia a las notas obtenidas por los alumnos en la Prueba de Acceso a la Universidad (PAU) en junio de 2002, así como el número de profesores existentes en cada centro y los gastos de gestión de los mismos.

A partir de los datos de la PAU hemos construido dos variables que pretenden reflejar el output educativo de los centros. Por un lado, tenemos la variable denominada “APROBADOS” que refleja el porcentaje de alumnos aprobados en la prueba de acceso, respecto a los matriculados a principios de curso como indicador cuantitativo⁴, y por otro lado, “NOTAS”, la nota media de los alumnos que aprobaron la PAU, que recoge una información de carácter cualitativo. Por lo que respecta a los inputs sobre los que tienen el control los centros, construimos dos variables a partir de los datos disponibles: “PROFESORES” que refleja el número total de profesores en el centro por cada 100 alumnos y “GASTOS” que representa el gasto total por alumno realizado por el centro durante el ejercicio 2001⁵.

En relación con los inputs no controlables, contamos con la información procedente de una encuesta realizada por el Servicio de Inspección de la Consejería de Educación de la Junta de Extremadura en todos los centros objeto de la evaluación⁶, a

⁴ Hemos preferido utilizar este porcentaje en lugar del número de alumnos aprobados respecto a los presentados, para evitar el comportamiento especulativo por parte de los centros a la hora de determinar el número de alumnos que pueden realizar el examen de acceso a la universidad.

⁵ Para construir esta variable se ha deducido del gasto total del ejercicio los recursos destinados a edificios y otras construcciones, ya que consideramos que esta partida de gasto varía mucho entre diferentes ejercicios en función de las circunstancias particulares de cada centro.

⁶ El estudio realizado forma parte de un proyecto de investigación más amplio financiado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte que se está realizando conjuntamente en las regiones de Asturias, Aragón y Extremadura. En el marco de dicho proyecto, se procedió a la realización de una encuesta idéntica en todos los centros de educación secundaria de estas tres Comunidades en mayo del año 2002. Dicha encuesta constaba de un total de 54 preguntas que tenían como objetivo, por un lado,

partir de la cual hemos extraído once variables que vienen dadas por el porcentaje de alumnos que cumplen una serie de condiciones⁷: 1) Alumnos que estudian más de 10 horas semanales; 2) Alumnos que llevan todas las asignaturas al día; 3) Alumnos que asisten siempre a clase, 4) Alumnos con buenas notas en el curso anterior; 5) Alumnos que se consideran capacitados para cursar con buenas notas una carrera universitaria; 6) Alumnos cuyos padres consideran que están capacitados para terminar con éxito una carrera universitaria; 7) Alumnos cuyos padres tienen unos ingresos mensuales superiores a los 1.800 euros; 8-9) Alumnos cuyos padres tienen una profesión que requiera una alta cualificación y 10-11) Alumnos cuyos padres tienen una carrera universitaria.

Dadas las características del DEA, en el que existe una relación inversa entre el número de variables utilizadas y el poder de discriminación de la técnica, no resulta factible introducir los valores de todos los inputs no controlables con los que contamos. Ante este problema, la literatura plantea dos alternativas. Por un lado, se puede renunciar a una parte de la información con la que contamos e introducir un número reducido de variables en el análisis, y, por otro, se puede sintetizar la información en un número reducido de variables mediante el uso del análisis de componentes principales (ACP)⁸.

La realización del ACP nos ha permitido identificar tres componentes que recogen el 72,3% del total de la información original. Analizando la matriz de componentes rotados, podemos comprobar claramente que el primer factor estaría compuesto por las cinco variables relativas a los ingresos familiares, los estudios y la profesión de los padres, es decir, por aquéllas que determinan el “*entorno socioeconómico del alumno*”. Por su parte, el segundo estaría formado por las tres variables que hacen referencia a las “*características del alumno*”, es decir, su condición de buen o mal estudiante, que vendrá determinado por las notas obtenidas por el alumno en el curso anterior y por la opinión que sus padres y él mismo tienen sobre sus

identificar las características del alumnado de los centros, y, por otro, tratar de ofrecer información acerca de la calidad de la enseñanza percibida por los propios estudiantes.

⁷ Las variables se han creado considerando los factores que son más relevantes para lograr unos mayores niveles de eficiencia.

⁸ Smith y Mayston (1987) fueron los primeros que recomendaron el uso de esta técnica para reducir el número de elementos no discrecionales en un contexto de evaluación de la eficiencia de centros. En

aspiraciones académicas. Finalmente, el tercer componente estaría formado por las variables que ofrecen información acerca del “*esfuerzo del alumno*”, como son la dedicación o la asistencia a clase.

Como alternativa a la opción del análisis de componentes principales (*Opción CP*), podemos utilizar las propias variables extraídas de la encuesta (*Opción V*). Con el fin de que la dimensión del modelo no afecte a los resultados, hemos elegido tres variables. De acuerdo con la teoría, deberíamos utilizar variables que no estén correlacionadas entre sí y que recojan información acerca de los aspectos principales que afectan a los resultados de los estudiantes, el entorno socioeconómico, sus características y su esfuerzo. De este modo, las tres variables elegidas, siguiendo el criterio de obtener la máxima información no redundante, fueron “INGRESOS”, como indicador de familias con rentas mensuales elevadas, “BNOTAS”, como aproximación a las capacidades de los alumnos y “HORAS”, como reflejo de su esfuerzo⁹.

Como ya mencionamos en el apartado anterior, existen dos alternativas para incluir los factores exógenos en el análisis de eficiencia. La primera consiste en la consideración de los factores exógenos desde el principio en la obtención de los índices de eficiencia de los centros según el modelo propuesto por Banker y Morey (1986)¹⁰ (*Modelo 1*) y es la opción más utilizada tradicionalmente por los investigadores. Su principal ventaja, respecto de la otra alternativa, es que permite introducir todas las variables relevantes en un único análisis DEA, lo que simplifica en gran medida el cálculo de los índices de eficiencia. Sin embargo, esta metodología presenta también inconvenientes, fundamentalmente, en lo que respecta a la identificación de las unidades eficientes, ya que los resultados obtenidos dependen en buena medida de la pérdida de grados de libertad al aumentar el número de variables del modelo.

La segunda alternativa opta por un análisis que consta de varias etapas. Las dos principales alternativas que siguen este enfoque son el modelo de tres etapas de Fried y Lovell (1996) y los denominados análisis de regresión o de segunda etapa. En ambos

España, Mancebón (1996) utilizó esta metodología en su tesis doctoral sobre la evaluación de la eficiencia de los institutos de educación secundaria de Zaragoza.

⁹ Criterio seguido por Muñiz (2000) en su tesis doctoral.

¹⁰ El modelo DEA utilizado tiene una orientación de minimización de inputs y supone rendimientos de escala constantes.

casos, el primer paso consiste en la realización de un DEA sin tener en cuenta los factores exógenos para, posteriormente, realizar una serie de ajustes que permita introducir el efecto de los inputs no controlables. La principal crítica que puede realizarse a estos modelos es el hecho de que los índices obtenidos en la primera etapa no tienen en cuenta los factores exógenos, de manera que cualquier análisis que tenga este punto de partida va a ofrecer unos resultados sesgados.

El modelo de tres etapas (*Modelo 2*) se basa en la utilización de los *slacks* totales¹¹ calculados en la primera etapa para tratar de determinar qué parte de los mismos se explican por la influencia de los factores exógenos. Para ello, se realiza un segundo DEA, en el que se introducen como inputs controlables estos *slacks* y como outputs, los denominados inputs no controlables. El siguiente paso consiste en restar a los valores de los inputs iniciales los *objetivos* calculados para cada input en este segundo DEA, y sumarle a los valores de los outputs iniciales los *objetivos* calculados para cada output¹². Finalmente, en la tercera etapa se realiza un nuevo DEA utilizando los nuevos valores de los inputs y outputs obtenidos tras la anterior transformación¹³.

En los análisis de segunda etapa (*Modelo 3*) se lleva a cabo una regresión Tobit en la que la variable dependiente son los índices de eficiencia inicialmente obtenidos y las variables explicativas son los inputs no controlables¹⁴, con la finalidad de poder ajustar los valores iniciales en función de la influencia ejercida por estos últimos. La ventaja principal de este segundo enfoque es que permite utilizar un mayor número de variables explicativas al tratarse de una regresión, frente a la cuidadosa selección de variables que debe llevarse a cabo en el DEA. No obstante, como nuestro objetivo es poder comparar modelos con una estructura similar, hemos preferido utilizar en el modelo el mismo número de variables introducidas en el análisis DEA (en el primer caso, las tres variables procedentes del análisis de componentes principales y, en el

¹¹ Una de las principales ventajas que presenta este modelo consiste en la utilización simultánea del componente radial y no radial de los *slacks*.

¹² Sería más correcto decir que este paso consiste en restar a los valores de los inputs iniciales o sumar a los de los outputs iniciales, la diferencia entre los *slacks* calculados en la primera etapa y los obtenidos en la segunda, pero puede comprobarse fácilmente que esta operación es equivalente al empleo de los *objetivos* obtenidos en la segunda etapa.

¹³ La descripción del modelo de Fried y Lovell no coincide con su modelo original, sino que hemos seguido las modificaciones propuestas por Muñiz (2000, 2001).

¹⁴ Se suele emplear una regresión Tobit porque los valores que toman los índices de eficiencia están doblemente limitados, por el valor 0 a la izquierda y por el valor 100 a la derecha.

segundo, “ingresos”, “bnotas” y “horas”)¹⁵. En cuanto a los inconvenientes del modelo, además del ya mencionado problema de sesgo de los análisis multietápicos, esta alternativa ha recibido importantes críticas basadas en el hecho de que si existe cierta correlación entre los inputs considerados en la primera etapa y las variables independientes de la segunda etapa, pueden aparecer sesgos adicionales en los resultados del análisis¹⁶. En nuestro estudio, hemos comprobado que no existe una correlación significativa entre las variables empleadas, con lo que eliminamos la posibilidad de un sesgo en los resultados debido a la mencionada correlación. Otro aspecto destacado de estos modelos de segunda etapa es que lleva a cabo un ajuste “*global*” del efecto de los inputs no controlables frente al ajuste “*individual*” realizado por el modelo de Fried y Lovell.

Combinando las tres posibilidades descritas anteriormente con las dos opciones existentes para incluir los inputs no controlables en el análisis, nos obtenemos seis modelos alternativos (CP1, CP2, CP3, V1, V2 y V3), recogidos en el siguiente cuadro:

	COMPONENTES PRINCIPALES	VARIABLES ORIGINALES
BANKER y MOREY	MODELO CP1	MODELO V1
FRIED y LOVELL (3 ETAPAS)	MODELO CP2	MODELO V2
ANÁLISIS DE REGRESIÓN o 2ª ETAPA	MODELO CP3	MODELO V3

3.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con los seis modelos pueden compararse siguiendo distintos criterios que, de una u otra forma, se utilizan en la literatura empírica sobre la eficiencia. Unas veces interesará conocer el número de unidades eficientes, otras la eficiencia media del sector. En otras ocasiones el objetivo será ordenar las unidades según su comportamiento más o menos eficiente o también establecer unos objetivos de producción y consumo para que las unidades sean eficientes, con lo que el interés se centrará en los índices individuales de eficiencia.

¹⁵ Todas las variables resultaron significativas, al 95%, en la explicación de los índices de eficiencia.

¹⁶ Véase Chalos (1997).

En primer lugar, optamos por examinar los índices de eficiencia estimados por cada uno de ellos. En la Tabla 1, se ofrece información sobre el número de unidades eficientes y la eficiencia media obtenida en cada uno de los modelos, pudiendo observarse notables diferencias entre ellos.

Una primera idea que puede destacarse relativa a estos dos criterios es que importa más el modelo que el modo de incorporar los inputs no controlables. En efecto, el número de unidades eficientes y la eficiencia media es similar con independencia de que los factores exógenos se consideren mediante componentes principales o directamente como variables para cada uno de los tres modelos utilizados (CP1 frente a V1, CP2 frente a V2 y CP3 frente a V3).

Tabla 1: NÚMERO DE UNIDADES EFICIENTES Y EFICIENCIA MEDIA

	Nº UNIDADES EFICIENTES (%)	EFICIENCIA MEDIA	EFICIENCIA MÍNIMA	EFICIENCIA MÁXIMA
MODELO CP1	31 (39%)	91,0%	61,4%	100%
MODELO CP2	12 (15%)	78,7%	42,1%	100%
MODELO CP3	7 (9%)	75,7%	43,1%	100%
MODELO V1	27 (34%)	89,5%	57,9%	100%
MODELO V2	10 (13%)	81,5%	42,5%	100%
MODELO V3	7 (9%)	76,2%	44,1%	100%

Una segunda conclusión relativa a esos dos criterios es que el modelo de Banker y Morey (1) proporciona la visión más “favorable”, el de regresión de dos etapas (3) la menos y el modelo de Fried y Lovell (2) una posición intermedia. La mencionada ordenación de modelos tiene, en parte, un doble origen. La elevada sensibilidad del DEA a los “grados de libertad” del modelo, es decir, a la relación entre el número de unidades y el número de variables (inputs y outputs). En este sentido, mientras que el modelo 1 (Banker y Morey) calcula las eficiencias desde el inicio con siete variables, los multietápicos (Fried y Lovell y regresión) parten, en su fase previa, de unos índices obtenidos mediante un DEA con cuatro variables (sin incluir los tres inputs no

controlables)¹⁷. Las diferencias entre los resultados obtenidos en los modelos de varias etapas tienen su origen, probablemente, en el tipo de ajuste que sobre unos mismos índices de eficiencia realiza cada uno de ellos; “global”, en el caso del análisis de regresión, e “individualizado”, en el de Fried y Lovell.

En las Tablas 2 y 3 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson y de Spearman de los índices calculados con las distintas opciones seguidas en la investigación. El coeficiente de rangos de Spearman nos aproxima a un criterio muy utilizado en la literatura empírica sobre eficiencia como es el de ordenar a las distintas unidades evaluadas de acuerdo con su comportamiento más o menos eficiente. Si ese fuera el objetivo del análisis, los resultados de la Tabla 3 permiten realizar algunos comentarios de interés.

La principal conclusión es que la decisión relevante es optar entre modelos de varias etapas (considerados de forma conjunta) y de una etapa. Las mayores diferencias (muy importantes) se producen entre aquellas alternativas que combinan modelos de una etapa con modelos de varias etapas (*área sombreada*). La comparación entre modelos multietápicas muestra que, con respecto a la ordenación de las unidades, la opción entre el modelo de Fried y Lovell y el de regresión no resulta relevante (CP2 y CP3; V2 y V3). Esto es así incluso cuando cambiamos el modelo y la forma de incorporar los factores exógenos (CP2 y V3, CP3 y V2).

Tabla 2: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON

	MOD. CP1	MOD. CP2	MOD. CP3	MOD. V1	MOD. V2	MOD. V3
MODELO CP1	1					
MODELO CP2	0,449	1				
MODELO CP3	0,511	0,926	1			
MODELO V1	0,739	0,383	0,511	1		
MODELO V2	0,517	0,907	0,930	0,489	1	
MODELO V3	0,520	0,926	1,000	0,508	0,931	1

* En todos los casos la correlación es significativa al nivel 0,01.

¹⁷ Una prueba del grado de sensibilidad de la técnica al caso analizado es que si utilizamos el modelo de Banker y Morey con menos factores exógenos (dos o uno), los resultados cambian en el sentido que se aprecia en el anexo.

Tabla 3: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE RANGOS DE SPEARMAN

	MOD. CP1	MOD. CP2	MOD. CP3	MOD. V1	MOD. V2	MOD. V3
MODELO CP1	1					
MODELO CP2	0,333	1				
MODELO CP3	0,431	0,913	1			
MODELO V1	0,646	0,336	0,507	1		
MODELO V2	0,437	0,878	0,919	0,468	1	
MODELO V3	0,439	0,912	0,999	0,507	0,919	1

* En todos los casos la correlación es significativa al nivel 0,01.

En definitiva, partir de unos mismos índices de eficiencia para corregirlos en etapas posteriores, como sucede con los modelos de varias etapas, parece tener una influencia decisiva en la ordenación final de las unidades con independencia de que los factores exógenos (que sirven de base al ajuste) se incorporen directamente o utilizando la técnica de componentes principales y del tipo de ajuste que posteriormente se haga.

Otra conclusión interesante es que el modo de incorporar los factores exógenos resulta relevante en el modelo de una etapa en cuanto a la ordenación de las unidades. Así, mientras que el coeficiente de rangos de Spearman en los modelos de varias etapas es elevado en el caso de Fried y Lovell (CP2 frente a V2 = 0,88) y reproduce la ordenación en el caso del modelo de regresión (CP3 frente a V3 = 0,999 ? 1), en el modelo de Banker y Morey muestra un resultado claramente inferior (CP1 frente a V1 = 0,65).

Por último, en algunos estudios empíricos se utilizan los índices de eficiencia para establecer los objetivos de producción y consumo de las unidades evaluadas. Con el fin de analizar la sensibilidad de las distintas opciones presentadas en la investigación ante este criterio hemos calculado el porcentaje de unidades que modifican sus índices de eficiencia por encima de una cifra relevante (un 10 %). Los resultados obtenidos se ofrecen en la Tabla 4.

Nuevamente las diferencias son muy importantes entre modelos de una y varias etapas (y no peores sino similares si añadimos a ese cambio el del modo de incorporación de los inputs no controlables) (*área sombreada*). Prácticamente a la mitad

o más de las unidades analizadas le exigimos objetivos que superan en más del 10 % sus correspondientes índices de eficiencia estimados. No obstante, a diferencia del anterior criterio, parece existir en nuestro caso una menor discrepancia con respecto al modo de incorporar los factores exógenos entre el modelo de una etapa (CP1 frente a V1) y el de Fried y Lovell (CP2 frente a V2).

PORCENTAJE DE UNIDADES CON DIVERGENCIA ENTRE INDICES > 10 %

	MODELO CP1	MODELO CP2	MODELO CP3	MODELO V1	MODELO V2	MODELO V3
MODELO CP1	-					
MODELO CP2	48 %	-				
MODELO CP3	63 %	11 %	-			
MODELO V1	13 %	47 %	57 %	-		
MODELO V2	42 %	19 %	19 %	34 %	-	
MODELO V3	62 %	9 %	0 %	56 %	16 %	-

En definitiva, siguiendo los distintos criterios que han sido examinados en este trabajo, parece que la decisión más relevante que ha de tomar el analista a la hora de incluir los factores no controlables en el análisis de los centros educativos es optar entre el modelo tradicional de Banker y Morey y los modelos multietápicos. Menos importante parece la opción entre incluir dichos factores a través de algunas variables seleccionadas por el analista o a través de Componentes principales, sobre todo si se utilizan modelos en varias etapas. A nuestro juicio, el modelo de Fried y Lovell (1996) es el más adecuado ya que, a pesar de partir de unos resultados sesgados suministrados por un análisis en el que no se tienen en cuenta inicialmente los factores no controlables, realiza un ajuste individualizado para cada centro educativo incorporando, a posteriori, la influencia de estos factores. Aunque la forma de incluir los factores de entorno no ha dado lugar a cambios importantes en los resultados –debido, sin duda, a la alta correlación existente entre las tres variables seleccionadas y los componentes identificados a través del ACP- creemos que, en general, la utilización del ACP permite incluir una mayor información en el análisis y hace que los resultados estén menos sesgados que si la selección de las variables se realiza de una forma *ad hoc* por el

analista. Somos conscientes, en cualquier caso, de que los resultados obtenidos para este estudio no son trasladables con carácter general, si bien es cierto que tanto la dimensión de la muestra analizada como las variables que utilizamos en este trabajo (tanto controlables como no controlables) son similares a los estudios empíricos que, con carácter habitual, recoge la literatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKER, R.D. y MOREY, R.C. (1986): “Efficiency Analysis for exogenously fixed inputs and outputs “, *Operations Research*, vol. 34, nº 4, pp. 513-521.
- CHALOS, P. (1997): “An examination of budgetary inefficiency in education using data envelopment analysis”, *Financial and Accountability & Management*, 13, pp. 55-69.
- FRIED, H.O. y LOVELL, C.A.K. (1996): “*Searching for the zeds*”, ponencia presentada en el II Georgia Productivity Workshop.
- GOLANY, B. y ROLL, Y. (1993): “Some Extensions of Techniques to Handle Non-Discretionary Factors in Data Envelopment Analysis”, *The Journal of Productivity Analysis* 4, pp. 419-432.
- MANCEBÓN, M.J. (1996): “*La evaluación de la eficiencia de los centros educativos públicos*”, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- MANCEBÓN, M.J. y MUÑIZ, M. (2003): “Aspectos clave de la evaluación de la eficiencia productiva en la educación secundaria”, *Papeles de Economía Española*, nº 95, pp. 162-187.
- McCARTY, T. y YAISAWARNG, S (1993): “Technical efficiency in New Jersey School districts”, en FRIED, H., LOVELL, C.A.K. y SCHMIDT, S. (ed.): “*The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*”, Oxford University Press, New York.
- MUÑIZ, M. (2000): “*Eficiencia técnica e inputs no controlables. El caso de los institutos asturianos de educación secundaria*”, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.

- MUÑIZ, M. (2001): “Introducción de variables de control en modelos DEA”, en
ÁLVAREZ, A. (coord.): “*La medición de la eficiencia y la productividad*”,
Editorial Pirámide.
- PEDRAJA, F. y SALINAS, J. (1996): “Eficiencia del gasto público en educación
secundaria: una aplicación de la técnica envolvente de datos”, *Hacienda Pública
Española*, nº 138, pp. 87-95.
- RAY, S.C. (1991): “Resource use efficiency in public schools: A study of Connecticut
data”, *Management Science*, vol. 37, nº 12, págs. 1.620-1.628.
- SMITH, P. y MAYSTON, D. (1987): “Measuring efficiency in the public sector”,
OMEGA International Journal of Management Science, nº 15, pp. 181-189.
- WORTHINGTON, A.C. (2001): “An Empirical Survey of Frontier Efficiency
Measurement techniques in Education”, *Education Economics*, vol. 9, nº 3.

ANEXO

MODELO DE BANKER Y MOREY: SENSIBILIDAD DE LOS RESULTADOS ANTE LA INCLUSIÓN DE DIFERENTE NÚMERO DE VARIABLES

NÚMERO DE UNIDADES EFICIENTES EN CADA MODELO

	<i>COMPONENTES PRINCIPALES</i>	<i>VARIABLES ORIGINALES</i>
3 INC	31	27
2 INC	21	15
1 INC	12	8

EFICIENCIA MEDIA EN CADA MODELO

	<i>COMPONENTES PRINCIPALES</i>	<i>VARIABLES ORIGINALES</i>
3 INC	91,00	89,46
2 INC	87,04	85,13
1 INC	83,93	81,82