



**¿ES POSIBLE DISEÑAR ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTOS
BASADAS EN CAPITAL PÚBLICO Y CAPITAL HUMANO?**

**IS IT POSSIBLE TO PLAN STRATEGIES OF ECONOMIC GROWTH
BASED IN PUBLIC CAPITAL AND HUMAN CAPITAL?**

Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto, livre docente.

Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos.

Departamento de Engenharia de Produção.

Av. Trabalhador Sãocarlense, 400. 13560-970 São Carlos (SP)

daisy@prod.eesc.usp.br

Maria Jesús Delgado Rodríguez, doctora.

Universidad Rey Juan Carlos.

Facultad Ciencias Jurídicas y Sociales.

Calle Tulipán, sn. 28933 - Mostoles - Madrid. tel. 916655060

mdelgado@poseidón.fcjs.urjc.es

Inmaculada Álvarez Ayuso, doctora.

Universidad Complutense de Madrid.

Facultad de CC.Economía y Empresa.

Ciudad Universitaria - 28040 Madrid. tel. 916655060

eccuay6@sis.ucm.es

RESUMEN

En este artículo se emplean técnicas de frontera estocástica para analizar los factores explicativos del crecimiento económico. Para ello, se implementa una función de producción translogarímicamente que permite obtener una medida de la eficiencia técnica para los países miembros de la Unión Europea y se incorporan las dotaciones de capital público y capital en



educación con objeto de comprobar si han constituido un condicionante de los niveles de eficiencia alcanzados.

Para llevar a cabo este trabajo se ha utilizado una valoración del capital privado, capital público y capital en educación para la UE-15 empleando la Metodología del Inventario Permanente.

Palabras clave: Capital físico, capital en educación, eficiencia técnica y frontera estocástica.

ABSTRACT

In this article random border techniques are used to analyze the factors of the economic growth. For that, is implemented of translogarithmic production function, that allows to obtain a measurement of the technical efficiency for the countries members of the European Union, from the incorporation of the endowments of governmental capital and capital in education, with objective to verify if have constituted a conditioner of the efficiency levels reached. Being thus, in this search, was valued the private capital, public capital and the expanse education sector for the UED-15, using the Methodology of the Permanent Inventory.

Key-word: physical capital, capital in education, efficiency technique and random border.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de integración económica va a generar unos importantes efectos sobre los países miembros, entre los que destacan sus implicaciones sobre la consecución de mejoras de eficiencia en el seno de la Unión Europea-15. En este sentido, la intensificación de las presiones competitivas en los países va a obligar a las empresas a realizar un esfuerzo por reducir los niveles de ineficiencia en el uso de los factores productivos y aproximarse a la producción potencial de cada economía.

El desarrollo de las técnicas de frontera en los últimos años ha impulsado la realización de trabajos que incorporan la eficiencia en el uso de los factores productivos. Este tipo de estudios ha estado ligado a la realización de análisis basados en la comparación de empresas en áreas concretas, pero estos planteamientos se han generalizado a otras áreas, ya que la omisión de la ineficiencia en las estimaciones realizadas puede sesgar los resultados obtenidos, tal y como señala Grosskopf (1993). Uno de los alicientes de estos métodos de estimación es que



permiten medir la eficiencia de las unidades productivas, dando paso a estudios sobre los determinantes de esta.

La literatura económica ofrece numerosos trabajos que estiman funciones frontera en el análisis de la eficiencia (FÄRE et al; 1994; FECHER y PERELMAN,1992), en ellos se realizan tanto comparaciones entre países y regiones, como a partir de agregados nacionales y sectoriales. La mayor parte de estos trabajos se han realizado utilizando las aproximaciones no paramétricas de la *Data Envelopment Analysis* (DEA) y del Índice Malmquist (MAUDOS et al, 1998; TASKIN y ZAIM, 1997). Pero existe un creciente número de estudios que aplican análisis de fronteras de producción estocásticas (PEDRAJA et al, 1999; PUIG JUNOY, 2001) que permiten estimar la ineficiencia en el uso de los factores productivos y obtener una mayor información sobre los determinantes que la condicionan y que, por tanto, deben de ser tenidos en cuenta para estimular el crecimiento de la producción.

En este trabajo se emplearán técnicas frontera, centrando el interés en la medición de eficiencia técnica de cada uno de los países de la UE-15 como fuente de crecimiento de la producción y el análisis de sus determinantes. Para llevar a cabo los objetivos planteados se aplicarán los desarrollos para la estimación de fronteras de producción estocástica recogidos en Battese y Coelli (1995). Desde la perspectiva de la información estadística utilizada, hay que señalar que en los análisis se ha empleado la información facilitada por New Cronos de Eurostat referida al empleo y al Valor Añadido Bruto (VABpm). La disponibilidad de las series de inversión suministradas por esta misma base de datos y de gasto en educación ofrecida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha permitido valorar el stock de capital privado, capital público y capital en educación en término constantes, homogeneizados con la paridad de poder de compra estándar (PPS) de 1990. El periodo objeto de estudio comprende los años 1980-1997, aunque para la práctica totalidad de países las series de capital privado estimadas parten del año 1960 y alcanzan el año 1997, último para el que se facilita esta estadística.

La estructura del artículo es la siguiente. En el segundo apartado se recogen las novedades metodológicas aportadas al utilizar el modelo de Battese y Coelli de 1995 para medir la eficiencia y los resultados obtenidos. A continuación se especifica la frontera de producción estocástica basada en una función translogarítmica, que es la forma funcional que se ha utilizado para medir la eficiencia técnica de los países de la UE y establecer sus determinantes, por último, en este apartado se presentan las estimaciones realizadas. El apartado cuarto se dedica a recoger las



principales conclusiones de este trabajo. Además, se incorpora un apéndice en el que se detalla las eficiencias técnicas de los países de la Unión Europea.

2. ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA PARA LOS PAÍSES DE LA UE-15

En este trabajo se va a utilizar la aproximación paramétrica de la función estocástica, lo que implica estimar una función de producción frontera en la que la desviación entre el nivel de output observado y el máximo posible comprende dos componentes: un término de error, v_{it} , que capta el efecto de variables que no están bajo el control de la unidad productiva analizada, y un término de ineficiencia, U_{it} . Este modelo de frontera de producción estocástica fue propuesto de forma simultánea por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977):

$$Y_{it} = \exp(X_{it}\beta + v_{it} - U_{it}), \quad t = 1, \dots, T \quad (1)$$
$$i = 1, \dots, N$$
$$\varepsilon_{it} = v_{it} + U_{it}, \quad U_{it} \leq 0$$

A partir de este esquema se han planteado diferentes modelos, entre los que destaca el desarrollado por Battese y Coelli (1995) utilizado en este trabajo, que ha contribuido de manera importante a la flexibilización del supuesto de invarianza de la eficiencia en el tiempo, al ofrecer la posibilidad de introducir éste como un regresor en la ecuación correspondiente a la ineficiencia. El mencionado modelo de frontera de producción estocástica es aplicable a estudios, en los que se dispone de un panel de datos y las eficiencias técnicas de las regiones varían a lo largo del tiempo, como es el caso que se plantea en este artículo.

Tal y como se plantea en (1) consideraremos la función de producción estocástica para un panel de datos. Siendo: Y_{it} la producción en el período t -ésimo y para la i -ésima región, X_{it} un vector $(1 \times k)$ de variables explicativas y β un vector $(k \times 1)$ de parámetros desconocidos. En cuanto a los dos componentes que constituyen el término de error, v_{it} son los errores aleatorios independientes e idénticamente distribuidos como una normal con media cero y varianza σ^2_v , e independientemente distribuidos de U_{it} . Por su parte, U_{it} está compuesto por variables aleatorias no-negativas, asociadas a la ineficiencia técnica en producción y obtenidas a partir de la distribución normal truncada en cero con media $Z_{it}\delta$ y varianza σ^2 . Z_{it} es un



vector (1 x m) de variables explicativas asociadas a la ineficiencia técnica a lo largo del tiempo y δ es un vector (m x 1) de coeficientes desconocidos.

La ecuación (1) especifica la frontera estocástica en términos de los valores de producción originales. Mientras que la ineficiencia técnica, U_{it} , es función de un conjunto de variables explicativas, Z_{it} , y un vector de coeficientes desconocidos, δ .

De este modo la ineficiencia técnica se expresa como:

$$U_{it} = Z_{it}\delta + W_{it} \quad (2)$$

Donde, W_{it} sigue una distribución normal truncada en $-Z_{it}\delta$ con media cero y varianza σ^2 .

La aproximación de frontera estocástica permite construir una “frontera de producción eficiente”, respecto de la cual se obtiene el dato de eficiencia técnica. Un valor de la eficiencia técnica igual a la unidad implica que el país se encuentra situado en la frontera de producción eficiente, siendo mayor la proporción en que se puede incrementar el producto dada una combinación de factores a medida que dicho valor se aproxima a cero.

El panel de datos considerado abarca el período 1980-1997 para los países de la Unión Europea. El producto viene representado por el Valor Añadido Bruto (VAB) a precios de mercado y en paridad de poder de compra de 1990, que se obtiene a partir de la base de datos NEW CRONOS de Eurostat. Por su parte, el empleo (L), capital privado (K), capital público (P) y educación (E), representan los inputs. El empleo, que se mide a partir del número de empleados, procede de la base de datos NEW CRONOS de Eurostat. El capital privado y público se obtienen aplicando el método del inventario permanente sobre la formación bruta de capital fijo (FBKF) por propietario y en paridad de poder de compra de 1990 de los sectores privados y del sector servicios no destinados a la venta, respectivamente, procedentes de la base de datos NEW CRONOS de Eurostat. Por último, la variable de educación, que hace referencia al capital educación, representa el stock, siguiendo el método del inventario permanente, correspondiente al gasto público total en educación en paridad de poder de compra de 1990, que se extrae de diversas publicaciones de la OCDE (VÉASE ALVAREZ; DELGADO, 2002).

Siguiendo el modelo de Battese y Coelli (1995) se lleva a cabo la estimación de la eficiencia técnica en los países de la Unión Europea durante el período 1980-1997. La



tecnología viene representada mediante una función de producción translogarítmica de la forma:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \ln(X_{jit}) + \beta_T t + \sum_{j=1}^2 \sum_{h=1}^2 \beta_{jh} \ln(X_{jit}) \ln(X_{hit}) + \beta_{T^2} t^2 + \sum_{j=1}^2 \beta_{Tj} \ln(X_{jit}) + V_{it} - U_{it} \quad (3)$$

$i = 1, \dots, 15$ países

$t = 1, \dots, 18$ años

Donde Y_{it} es el producto y X_{it} es un vector que hace referencia a los dos inputs considerados ($j, h = L, K$). Es decir, inicialmente se considera el caso más sencillo, en el que la producción viene determinada por los factores privados empleo y capital. El progreso técnico se incorpora a través de un regresor adicional (t) que representa la tendencia temporal. V_{it} es el error aleatorio y U_{it} representa el término de ineficiencia definido anteriormente:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + W_{it} \quad i = 1, \dots, 15 \quad (4)$$

$t = 1, \dots, 18$

que es función del tiempo (T) y de un error aleatorio, W_{it} , siguiendo la generalización propuesta en Cornwell, Schmidt y Sickles (1990), que relajan el supuesto de eficiencia invariante en el tiempo en los modelos de datos de panel.

Basándonos en el estudio de Battese y Coelli (1995) llevamos a cabo la estimación por Máxima Verosimilitud de las ecuaciones (3)-(4) simultáneamente, mediante el uso del programa Frontier 4.1. (Coelli, 1996b). Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Función de Producción Translogarítmica

<i>VARIABLE</i>	<i>PARAMETRO</i>	<i>COEFICIENTE</i>	<i>T-ESTADÍSTICO</i>
Frontera Estocástica			
Constante (C)	β_0	-12.89**	-14.35
Tendencia (T)	β_T	-0.16**	-6.18
Empleo (L)	β_L	-6.74**	-19.071
Capital Privado (K)	β_K	7.52**	21.15
TL	β_{TL}	-0.044**	-9.36
TK	β_{TK}	0.0403**	8.53

Continua...



...continuação

LK	β_{LK}	1.49**	15.73
T^2	β_{T^2}	0.00061	0.96
L^2	β_{L^2}	-0.68**	-13.14
K^2	β_{K^2}	-0.77**	-17.56
Elasticidades Directas	ϵ_T	0.0056	
	ϵ_L	0.74	
	ϵ_K	0.44	
Modelo de ineficiencia			
Constante	δ_0	0.27**	3.42
Tendencia (T)	δ_1	-0.0201	-1.023
T^2	δ_2	-0.0012*	-1.56
Parámetros de la Varianza	σ_s^2	0.0014	16.69
	γ	0.22	4.069
Log. F. Verosimilitud		212.59	

* Parámetro significativo al 90%.

** Parámetro significativo al 95%.

Fonte: Battese y Coelli, 1995

Así mismo, en el Cuadro 2 se realizan una serie de contrastes de razón de verosimilitud (λ), que nos ayudarán a seleccionar la forma funcional más adecuada, tras decidir cuales de las hipótesis nulas que se plantean serán aceptadas. En el primer contraste la hipótesis nula, que plantea la inexistencia de progreso técnico, se rechaza, motivo por el cual este aparece en el modelo. En segundo lugar, se rechaza la hipótesis nula de que la forma funcional Cobb-Douglas es preferida a la translogarítmica.

A continuación, se contrasta la inexistencia de ineficiencia técnica en el término de error. Puesto que se rechaza la hipótesis de que el parámetro γ sea igual a cero, se confirma la necesidad de incorporar la ineficiencia técnica en la función de producción y el hecho de que una función de producción media supone una representación inadecuada de los datos. Por último, los contrastes cuarto y quinto consideran la hipótesis nula de que la ecuación de la ineficiencia no es función de los regresores considerados. Puesto que dichas hipótesis se rechazan, se confirma la significatividad de las variables que explican la ineficiencia técnica.

Cuadro 2: Contrastes de Especificación

HIPÓTESIS NULA	LOG.F. VEROS.	VALOR λ	VALOR CRITICO	DECISION (90%)
$H_0 : \beta_T = \beta_{TL} = \beta_{TK} = \beta_{T^2} = 0$	171.49	82.2	7.78	RECHAZO
$H_0 : \beta_{LK} = \beta_{L^2} = \beta_{K^2} = 0$	105.88	213.42	6.25	RECHAZO
$H_0 : \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$	207.58	10.019	7.094	RECHAZO
$H_0 : \delta_1 = \delta_2 = 0$	207.55	10.08	4.61	RECHAZO
$H_0 : \delta_0 = 0$	207.67	9.84	2.71	RECHAZO



Como ya se mencionó con anterioridad, la estimación de las ecuaciones (3)-(4), tras confirmar mediante los contrastes de especificación la conveniencia de la forma funcional seleccionada, se presenta en el Cuadro 1. Puesto que se trata de una función de producción translogarítmica, los coeficientes de primer orden asociados a las variables no se corresponden con las elasticidades. Así pues, la obtención de las elasticidades directas se ha llevado a cabo mediante el cálculo de las derivadas de la función de producción respecto de los distintos factores. En cuanto a los efectos cruzados, destaca la relación de complementariedad existente entre ambos factores. Por su parte, los coeficientes al cuadrado indican el tipo de rendimientos a escala, siendo en este caso decrecientes.

La varianza de los parámetros se expresa en términos de $\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + \sigma_v^2}$ y $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2$,

siendo σ_v^2 y σ^2 las varianzas en las distribuciones de V_{it} y U_{it} , respectivamente. Así pues, el valor del parámetro γ indica que la proporción de la varianza de U_{it} sobre el total es del 22%. Por tanto, la ineficiencia técnica no supone la fuente de aleatoriedad predominante en el término de error.

Por último, los valores de la eficiencia técnica para los países de la Unión Europea durante el período 1980-1997 obtenidos a partir del modelo de frontera estocástica se presentan en el Apéndice Estadístico. Cuadro A.1. A continuación, pasamos a analizar su evolución temporal, destacando los países que han tenido un mejor comportamiento en este periodo.

En el cuadro 3 se presenta el ranking por países, atendiendo a los niveles de eficiencia técnica obtenidos al inicio y final del período, así como la eficiencia media a lo largo del mismo. Estos resultados permiten conocer la capacidad de crecimiento que los países de la UE pueden experimentar reduciendo los niveles de ineficiencia (en 1980 era de un 22%, que se ha reducido en el transcurso del periodo estudiado, lo que demuestra que ha constituido una fuente de crecimiento) que se podría lograr reduciendo los niveles de ineficiencia existentes. Al analizar la situación por países, en orden descendente, Bélgica, Países Bajos, Portugal, Luxemburgo y Austria comienzan el período entre los cinco primeros países del ranking, de los cuales se mantienen al final del período Bélgica y Países Bajos, cediendo los restantes países el testigo a Irlanda, Francia y Reino Unido, que presentan una evolución muy positiva. Así pues, entre los países que mejoran su posición relativa se encuentran Alemania, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Reino Unido y Suecia, de los cuales destacan Reino Unido, Irlanda y



Finlandia, que consiguen ganar diez, seis y cinco posiciones en el ranking, respectivamente. Por su parte, la evolución en los restantes países, entre los que se encuentra España, resulta ser menos favorable.

Cuadro 3: Ranking de Países

<i>PAIS</i>	<i>1980</i>	<i>1997</i>	<i>Eficiencia Media 1980-1997</i>	<i>Crecimiento Medio(%) 1980-1997</i>
Austria	0.78735(5)	0.99342(7)	0.92996(4)	1.38323
Alemania	0.76536(11)	0.99328(10)	0.92128(11)	1.55279
Bélgica	0.82858(1)	0.99382(2)	0.94864(1)	1.08028
España	0.76901(10)	0.99290(13)	0.92419(8)	1.52353
Finlandia	0.75244(14)	0.99329(9)	0.91121(15)	1.65436
Francia	0.78398(6)	0.99369(4)	0.93330(3)	1.41179
Grecia	0.77783(8)	0.99341(8)	0.92303(9)	1.46064
Irlanda	0.77996(7)	1(1)	0.92200(10)	1.47859
Italia	0.76483(12)	0.99324(11)	0.91806(13)	1.55609
Luxemburgo	0.79288(4)	0.99343(6)	0.92813(5)	1.34144
Países Bajos	0.82314(2)	0.99376(3)	0.94596(2)	1.11963
Portugal	0.80429(3)	0.99287(14)	0.92683(6)	1.25966
Dinamarca	0.77052(9)	0.99276(15)	0.91983(12)	1.50809
Reino Unido	0.74718(15)	0.99365(5)	0.92659(7)	1.70479
Suecia	0.75307(13)	0.99298(12)	0.91430(14)	1.64789
MEDIA	0.78003	0.99377	0.92622	1.44552

El número entre paréntesis indica la posición en el ranking en orden descendente.

Por último, se observa una tasa de crecimiento medio positiva en la totalidad de los países de la Unión Europea, siendo Reino Unido el país que presenta el valor más elevado, además de lograr colocarse con la mayor rapidez en una de las mejores posiciones del ranking.

En cuanto a la evolución temporal, el gráfico 1 recoge la eficiencia media por año correspondiente a la estimación de la frontera de producción translogarítmica. A lo largo del período analizado se observa un crecimiento medio de 1.444 y se alcanza un 93% del máximo nivel de producción posible, dadas las combinaciones de factores disponibles. La eficiencia media por año oscila entre un valor mínimo de 0.78 en 1980 y un valor máximo de 0.994 en 1997. Por lo tanto, el crecimiento es sostenido y presenta una marcada tendencia temporal al alza durante la totalidad del período considerado.



Cuadro 4: Eficiencia Media por Año

<i>AÑO</i>	<i>Frontera Estocástica</i>
1980	0.780
1981	0.797
1982	0.827
1983	0.839
1984	0.866
1985	0.891
1986	0.918
1987	0.939
1988	0.957
1989	0.969
1990	0.976
1991	0.981
1992	0.985
1993	0.988
1994	0.989
1995	0.991
1996	0.992
1997	0.994
MEDIA	0.926

3. EL PAPEL DEL CAPITAL PÚBLICO Y EL CAPITAL EN EDUCACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE LAS ECONOMÍAS EUROPEAS

La metodología empleada permite obtener el dato de eficiencia para los países de la UE que se utiliza en este estudio, y además, al definir una ecuación para la ineficiencia, es posible introducir en este análisis al capital público y al capital en educación para determinar si condicionan la capacidad de crecimiento de las economías europeas.

En la ecuación (4), correspondiente a la ineficiencia técnica, se han introducido las variables de capital público y capital en educación, que hace referencia, como ya se mencionó con anterioridad, al “esfuerzo inversor en educación del sector público”, obteniéndose las expresiones:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 P_{it} + W_{it} \quad (5)$$

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 E_{it} + W_{it} \quad (6)$$



Cuadro 5: Función de Producción Translogarítmica

<i>VARIABLE</i>	<i>PARAMETRO</i>	<i>CAPITAL PUBLICO</i>	<i>EDUCACION</i>
Frontera Estocástica			
Constante (C)	β_0	-9.28(-5.83)**	-14.102(-15.69)**
Tendencia (T)	β_T	-0.0049(-0.18)	-0.15(-4.59)**
Empleo (L)	β_L	-4.53(-7.74)**	-6.31(-16.74)**
Capital Privado (K)	β_K	5.58(8.904)**	7.505(20.71)**
TL	β_{TL}	-0.029(-5.93)**	-0.048(-11.79)**
TK	β_{TK}	0.023(4.702)**	0.044(9.21)**
LK	β_{LK}	1.12(7.86)**	1.35(10.83)**
T ²	β_T^2	-0.00068(-2.47)**	-0.00045(-4.34)**
L ²	β_L^2	-0.54(-7.34)**	-0.59(-8.19)**
K ²	β_K^2	-0.58(-8.087)**	-0.73(-13.77)**
Elasticidades Directas	ϵ_T	0.038	0.0099
	ϵ_L	0.65	0.82
	ϵ_K	0.16	0.33
Modelo de ineficiencia			
Constante	δ_0	0.44(11.45)**	0.32(6.504)**
Tendencia (T)	δ_1	0.013(3.079)**	0.00084(0.34)
Capital Público (P)	δ_2	-0.0000028(-22.62)**	
Educación (E)	δ_3		-0.0000018(-5.48)**
Parámetros de la Varianza	σ_S^2	0.017(14.47)**	0.018(16.72)**
Log. F. Verosimilitud	γ	0.88(30.98)**	0.86(4.77)**
		242.69	235.89

* Parámetro significativo al 90%.

** Parámetro significativo al 95%.

Fonte: Battese Y Coelli, 1995

En el cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos tras estimar las ecuaciones (3)-(5) y (3)-(6) simultáneamente por Máxima Verosimilitud. Por su parte, el cuadro 6 recoge los contrastes de especificación. Puesto que todas las hipótesis nulas se rechazan, se estima un modelo de frontera estocástica con progreso técnico y siguiendo una función de producción translogarítmica. Así mismo, se confirma la significatividad conjunta de las variables que explican la ineficiencia técnica en las expresiones (5) y (6).

Por tanto, los resultados de estimar la forma funcional más adecuada al panel de datos disponible se presentan en el cuadro 5. Atendiendo al modelo de frontera estocástica, en ambas especificaciones se mantiene la relación de complementariedad existente entre los factores así como la existencia de rendimientos decrecientes a escala en cada uno de ellos. Así mismo, en ambos modelos se observa que tanto la variable de capital público como la referente a educación afectan de manera positiva a la evolución de la eficiencia en el uso de los factores privados, en consonancia con el trabajo de Puig-Junoy (2001), que introduce en la ecuación de ineficiencia, junto con los efectos fijos y una tendencia temporal, la ratio capital público



respecto al capital privado así como la proporción sobre el capital público total que representan los servicios de agua y alcantarillado y las autopistas, obteniendo para esta componente un signo negativo (efecto positivo sobre la eficiencia).

Cuadro 6: Contrastes de especificación

<i>HIPÓTESIS NULA</i>	<i>LOG.F. VEROSIMILITUD</i>	<i>VALOR λ</i>	<i>VALOR CRITICO</i>	<i>DECISION (90%)</i>
CAPITAL PUBLICO				
$H_0 : \beta_T = \beta_{TL} = \beta_{TK} = \beta_{T^2} = 0$	183.88	117.62	7.78	RECHAZO
$H_0 : \beta_{LK} = \beta_{L^2} = \beta_{K^2} = 0$	218.35	48.68	6.25	RECHAZO
$H_0 : \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$	207.57	70.23	7.094	RECHAZO
$H_0 : \delta_1 = \delta_2 = 0$	207.54	70.3	4.61	RECHAZO
$H_0 : \delta_0 = 0$	213.29	58.8	2.71	RECHAZO
EDUCACION				
$H_0 : \beta_T = \beta_{TL} = \beta_{TK} = \beta_{T^2} = 0$	193.68	84.42	7.78	RECHAZO
$H_0 : \beta_{LK} = \beta_{L^2} = \beta_{K^2} = 0$	202.43	66.92	6.25	RECHAZO
$H_0 : \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_3 = 0$	207.57	56.63	7.094	RECHAZO
$H_0 : \delta_1 = \delta_3 = 0$	207.54	56.7	4.61	RECHAZO
$H_0 : \delta_0 = 0$	230.93	9.92	2.71	RECHAZO

Los resultados obtenidos permiten aportar evidencia sobre el papel que el capital público y el capital en educación han tenido en la evolución de la eficiencia técnica de los países de la UE-15. En las estimaciones realizadas se ha comprobado que las dotaciones de estos capitales han influido favorablemente en el uso de los factores productivos, reduciendo los niveles de ineficiencia de los países miembros y, por tanto, constituyen factores determinantes del crecimiento económico al lograr aumentos de la producción.

4. CONCLUSIONES

El análisis de los determinantes del crecimiento en los países de la UE-15 constituye una cuestión de gran relevancia política y económica. En este trabajo se han empleado técnicas frontera, en concreto los desarrollos de la frontera estocástica, para medir de eficiencia técnica de los países de la UE-15 y estudiar los condicionantes de los niveles alcanzados. El análisis realizado ha permitido determinar los factores que pueden estimular el crecimiento al reducir la ineficiencia en el uso de los factores productivos. La metodología empleada se ha extendido a un gran número de análisis dado que la información sobre la estructura de la frontera y la eficiencia con que operan las unidades productivas tienen especial interés dadas sus implicaciones en política económica.



Los resultados obtenidos han permitido comprobar la evolución favorable en términos de eficiencia que han experimentado las economías europeas en el periodo analizado y destacar que los niveles de capital público y humano que disponen los países han condicionado los resultados obtenidos. La intensificación de las presiones competitivas en el seno de la Unión Europea hace que los avances en la eficiencia de las empresas supongan un reto permanente, en particular para los países miembros de la Unión Monetaria, ya que al no poder utilizar las devaluaciones como paliativo a las deficiencias de competitividad en sus transacciones dentro de la zona euro, deben recurrir a vías alternativas para lograr avances en su productividad.

Para este análisis se ha empleado la base de datos New Cronos que ofrece Eurostat, y que supone un gran avance en las estadísticas europeas al contar con una detallada información económica sobre la UE-15. Los datos disponibles han hecho posible realizar una estimación del stock de capital privado y público de estos países, empleando el método del inventario permanente. También se ha estimado con esta metodología el capital en educación a partir de la información sobre gasto en educación, disponible en la OCDE. Lo que ha permitido disponer de una amplia base de datos para la elaboración de este artículo.



APÉNDICE ESTADÍSTICO: Eficiencia Técnica en UE-15

Cuadro A.1 Métodos de Programación Lineal. Modelo Envolvente de Datos (DEA)

PAIS	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Áustria	0.614	0.609	0.625	0.644	0.649	0.66	0.676	0.684	0.703	0.726	0.748	0.764	0.77	0.781	0.799	0.822	0.85	0.893
Alemania	0.782	0.779	0.775	0.793	0.813	0.826	0.837	0.886	0.868	0.89	0.935	0.972	0.977	0.946	0.961	0.974	0.987	1
Bélgica	0.829	0.826	0.847	0.855	0.877	0.884	0.894	0.905	0.938	0.958	0.959	0.962	0.968	0.951	0.97	0.981	0.979	0.997
España	0.758	0.751	0.748	0.752	0.764	0.792	0.86	0.875	0.888	0.895	0.889	0.885	0.882	0.876	0.884	0.884	0.88	0.875
Finlândia	0.439	0.444	0.453	0.468	0.484	0.503	0.52	0.541	0.567	0.601	0.61	0.63	0.659	0.715	0.77	0.796	0.825	0.86
Francia	0.85	0.85	0.86	0.863	0.876	0.892	0.915	0.929	0.947	0.968	0.97	0.963	0.969	0.954	0.971	0.982	0.985	1
Grécia	0.68	0.647	0.65	0.633	0.725	0.645	0.643	0.627	0.651	0.661	0.646	0.643	0.642	0.618	0.632	0.638	0.643	0.658
Irlanda	0.663	0.639	0.612	0.581	0.584	0.584	0.573	0.59	0.615	0.649	0.683	0.677	0.708	0.758	0.804	0.863	0.921	1
Itália	0.765	0.762	0.759	0.763	0.779	0.795	0.812	0.834	0.862	0.883	0.894	0.893	0.904	0.909	0.935	0.963	0.965	0.976
Luxemburgo	1	0.947	0.943	1	0.962	1	1	1	1	1	0.986	0.962	0.936	0.969	1	1	0.976	1
Países Bajos	0.816	0.813	0.812	0.831	0.853	0.865	0.874	0.776	0.796	0.833	0.865	0.88	0.89	0.911	0.948	0.956	0.965	0.976
Portugal	0.731	0.694	0.667	0.625	0.577	0.577	0.675	0.695	0.719	0.738	0.736	0.733	0.709	0.665	0.623	0.627	0.656	0.667
Dinamarca	0.551	0.546	0.561	0.574	0.599	0.61	0.624	0.621	0.629	0.64	0.652	0.652	0.658	0.671	0.696	0.706	0.714	0.742
Reino Unido	0.778	0.806	0.839	0.869	0.898	0.972	0.988	0.996	1	0.993	0.965	0.928	0.916	0.936	0.962	0.97	0.962	1
Suecia	0.514	0.511	0.531	0.556	0.584	0.59	0.603	0.63	0.646	0.656	0.662	0.649	0.662	0.693	0.73	0.755	0.772	0.801
MEDIA	0.718	0.708	0.712	0.720	0.735	0.746	0.766	0.773	0.789	0.806	0.813	0.813	0.817	0.824	0.846	0.861	0.872	0.896
DESV. STANI	0.145	0.140	0.140	0.150	0.147	0.159	0.157	0.155	0.150	0.145	0.140	0.137	0.132	0.127	0.132	0.131	0.123	0.126
RANGO	0.561	0.503	0.490	0.532	0.478	0.497	0.480	0.459	0.433	0.399	0.376	0.342	0.335	0.351	0.377	0.373	0.344	0.342

- Rendimientos a escala variables.



Cuadro A. 2. Función de Producción Translogarítmica. Modelo de Frontera Estocástica (Battese y Coelli, 1995)

PAIS	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Áustria	0.7873	0.8020	0.8263	0.8527	0.8761	0.8991	0.9238	0.9429	0.9590	0.9702	0.9774	0.9822	0.9855	0.9879	0.9898	0.9913	0.9924	0.9934
Alemania	0.7654	0.7836	0.8043	0.8321	0.8591	0.8845	0.9088	0.9377	0.9513	0.9650	0.9742	0.9802	0.9841	0.9869	0.9893	0.9910	0.9923	0.9933
Bélgica	0.8286	0.8475	0.8720	0.8934	0.9171	0.9353	0.9510	0.9630	0.9727	0.9788	0.9827	0.9857	0.9880	0.9896	0.9911	0.9922	0.9930	0.9938
España	0.7690	0.7866	0.8064	0.8292	0.8570	0.8871	0.9250	0.9460	0.9613	0.9713	0.9775	0.9818	0.9849	0.9873	0.9893	0.9908	0.9920	0.9929
Finlandia	0.7524	0.7677	0.7862	0.8089	0.8329	0.8604	0.8883	0.9161	0.9408	0.9599	0.9703	0.9785	0.9841	0.9880	0.9901	0.9913	0.9924	0.9933
Francia	0.7840	0.8054	0.8289	0.8536	0.8820	0.9100	0.9351	0.9529	0.9650	0.9740	0.9797	0.9837	0.9869	0.9890	0.9907	0.9919	0.9929	0.9937
Grécia	0.7778	0.7888	0.8108	0.8284	0.8788	0.8826	0.9080	0.9279	0.9523	0.9665	0.9741	0.9805	0.9846	0.9870	0.9895	0.9912	0.9924	0.9934
Irlanda	0.7800	0.7946	0.8098	0.8254	0.8523	0.8795	0.9001	0.9281	0.9512	0.9671	0.9765	0.9814	0.9854	0.9885	0.9906	0.9923	0.9934	1.0000
Itália	0.7648	0.7829	0.8008	0.8214	0.8473	0.8736	0.9008	0.9278	0.9498	0.9648	0.9738	0.9796	0.9841	0.9873	0.9896	0.9912	0.9923	0.9932
Luxemburgo	0.7929	0.8049	0.8213	0.8388	0.8642	0.8900	0.9196	0.9420	0.9599	0.9720	0.9779	0.9820	0.9851	0.9881	0.9902	0.9915	0.9925	0.9934
Países Bajos	0.8231	0.8433	0.8658	0.8925	0.9163	0.9340	0.9489	0.9503	0.9645	0.9749	0.9812	0.9850	0.9876	0.9896	0.9912	0.9922	0.9930	0.9938
Portugal	0.8043	0.8123	0.8223	0.8306	0.8380	0.8640	0.9227	0.9478	0.9645	0.9745	0.9801	0.9841	0.9862	0.9876	0.9889	0.9905	0.9919	0.9929
Dinamarca	0.7705	0.7861	0.8082	0.8307	0.8576	0.8818	0.9074	0.9267	0.9460	0.9611	0.9715	0.9778	0.9825	0.9860	0.9886	0.9903	0.9916	0.9928
Reino Unido	0.7472	0.7748	0.8050	0.8366	0.8689	0.9104	0.9365	0.9550	0.9675	0.9743	0.9788	0.9821	0.9852	0.9881	0.9902	0.9917	0.9927	0.9937
Suecia	0.7531	0.7684	0.7925	0.8194	0.8477	0.8699	0.8957	0.9244	0.9453	0.9601	0.9705	0.9769	0.9821	0.9864	0.9890	0.9907	0.9919	0.9930
MEDIA	0.7800	0.7966	0.8174	0.8396	0.8664	0.8908	0.9181	0.9392	0.9567	0.9690	0.9764	0.9814	0.9851	0.9878	0.9899	0.9913	0.9924	0.9938
DES. STAND	0.0243	0.0238	0.0240	0.0245	0.0248	0.0229	0.0190	0.0135	0.0094	0.0060	0.0039	0.0026	0.0016	0.0011	0.0008	0.0006	0.0005	0.0018
RANGO	0.0814	0.0798	0.0858	0.0845	0.0841	0.0748	0.0627	0.0469	0.0319	0.0189	0.0124	0.0088	0.0055	0.0036	0.0026	0.0020	0.0018	0.0072



BIBLIOGRAFÍA

AIGNER, D.; LOVELL, C.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, v.6, n.1, p.21-37, July 1977.

ALVAREZ, I.; DELGADO, M.J. *Contribución de los equipamientos de infraestructuras productivas a la mejora de la eficiencia técnica*. Madrid: Instituto de Estudios Fiscales, 2001. Papeles de Trabajo, n.18/01.

_____. *Estimación del capital privado, público y capital humano para los países de la UE-15*. [S.l.]: Proyecto de Investigación del Instituto de Estudios Fiscales, 2002.

ASCHAUER, D.A. Public capital and economic growth: issues of quantity, finance and efficiency. *Economic Development and Cultural Change*, Chicago, v.48, n.2, p.391-406, Jan. 2000.

BATTESE, G.E.; COELLI, T.J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, Norwell, v.3, p.153-169, 1992.

_____. *A stochastic frontier production function incorporating a model for technical inefficiency effects*. Armidale: University of New England, Department of Econometrics, 1993. (Working Papers in Econometrics and Applied Statistics, n.69).

_____. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, Germany, v.20, p.325-332, 1995

BATTESE, G.E.; CORRA, G.S. Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, Melbourne, v.21, p.169-179, 1977.

BATTESE, G.E.; BROCA, S.S. Functional forms of stochastic frontier production functions and models for technical inefficiency effects: a comparative study for wheat farmers in Pakistan. *Journal of Productivity Analysis*, Norwell, v.8, p.395-414, 1997.

BEESON, P.E.; HUSTED, S. Patterns and determinants of productive efficiency in state manufacturing. *Journal of Regional Science*, Philadelphia, v.29, n.1, p.15-28, 1989.

BERNDT, E.R.; CHRISTENSEN, L.R. The translog function and the substitution of equipment, structures and labor in U.S. manufacturing 1929-68. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, v.1, n.1, p.81-114, Mar. 1973.

BOISSO, D.; GROSSKOPF, S.; HAYES, K. Productivity and efficiency in the U.S.: effects of business cycles and public capital. *Regional Science and Urban Economics*, Amsterdam, v.30, n.6, p.663-681, Dec. 2000.



COELLI, T.J. *A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program*. Armidale: University of New England, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, 1996a. Mimeo.

_____. *A guide to frontier version 4.1: a computer program for stochastic frontier production and cost function estimation*. Armidale: University of New England, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, 1996b. (CEPA Working Paper n.96/07).

_____. *A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models*. Armidale: University of New England, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, 1998. Mimeo.

CORNWELL, C.; SCHMIDT, P.; SICKLES, R. Production frontiers with cross-sectional and time-series variation in efficiency levels. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, v.46, n.1/2, p.185-200, Oct./Nov. 1990.

DOMAZLICKY, B.R.; WEBER, W.L. Total factor productivity in the contiguous United States, 1977-1986. *Journal of Regional Science*, Philadelphia, v.37, n.2, p.213-233, 1997.

EBERTS, R. *Estimating the contribution of urban public infrastructure to regional growth*. Cleveland: Federal Reserve Bank of Cleveland, 1986. (Working Paper, n.8610).

EUROSTAT: new cronos. 2002. 1 CD-ROM.

FÄRE, R. et al. Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, Nashville, v.84, n.1, p.66-83, Mar. 1994.

FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: series A (statistics in society)*, Oxford, v.120, n.3, p.253-290, 1957.

FECHER, F.; PERELMAN, S. Productivity growth and technical efficiency in OECD industrial activities. In: CAVES, R.E. (Ed.). *Industrial efficiency in six nations*. Cambridge: MIT Press, 1992. p.459-488.

GROSSKOPF, S. Efficiency and productivity. In: FRIED, H.; LOVELL, C.; SCHMIDT, S. (Ed.). *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. Oxford: Oxford University Press, 1993. p.160-194.

GUMBAU, M. La eficiencia técnica de la industria española. *Revista Española de Economía*, Madri, v.15, n.1, p.67-84, 1998.

GUMBAU, M.; MAUDOS, J. Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación fronterá. *Revista Española de Economía*, Madri, v.13, n.2, p.239-260, 1996.

KODDE, D.A.; PALM, F.C. Wald criteria for jointly testing equality and inequality. *Econometrica*, Menasha, v.54, n.5, p.1243-1248, Sept. 1986.



LYNDE, C.; RICHMOND, J. Productivity and efficiency in the UK: a time series application of DEA. *Economic Modelling*, Guildford, v.16, n.1, p.105-122, Jan. 1999.

MANKIW, N.G.; ROMER, D.; WEIL, D. A contribution to the empirics of economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, v.107, n.2, p.407-437, May 1992.

MAUDOS, J.; PASTOR, J.M.; SERRANO, L. Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad. *Revista Española de Economía*, Madrid, v.15, n.2, p.235-264, 1998.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from cobb-douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, Osaka, v.18, n.2, p.435-444, June 1977.

PEDRAJA, F.; RAMAJO, J.; SALINAS, J. *Eficiencia productiva del sector industrial español: un análisis espacial y sectorial*. Madrid, 1999. (Papeles de Economía Española, n.80).

PUIG-JUNOY, J. Technical inefficiency and public capital in U.S.States: a stochastic frontier approach. *Journal of Regional Science*, Philadelphia, v.41, n.1, p.75-96, Feb. 2001.

SALINAS, M.; PEDRAJA, F.; SALINAS, J. *Efectos del capital público y del capital humano sobre la productividad total de los factores en las regiones españolas*. Presentada en el ENCUESTRO DE ECONOMIA PUBLICA, 2., 2001, Cáceres.

SEIFORD, L.M.; THRALL, R.M. Recent developments in DEA: the mathematical approach to frontier analysis. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, v.46, n.1/2, p.7-38, Oct./Nov. 1990.

TASKIN, F.; ZAIM, O. Catching-up and innovation in high-and low- income countries. *Economics Letters*, Amsterdam, v.54, n.1, p.93-100, Jan. 1997.

TEMPLE, J.R.W. Robustness tests of augmented solow model. *Journal of Applied Econometrics*, Chichester, v.13, n.4, p.361-375, July/Aug. 1998.

WHITE, H. *A heteroskedastic-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedastic*. *Econometrica*, Menasha, v.48, n.4, p.817-838, May 1980.

Artigo recebido em 2006 e aprovado para publicação em 2008