
MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA PARA LOS PAISES DE LA UE

AUTORAS

M^a Jesús Delgado Rodríguez
Universidad Rey Juan Carlos
Fac. C.C. Jurídicas y Sociales
Campus de Vicálvaro
28032 Madrid
Tlf. 91 301 98 84
Fax: 91 379 99 20
E-mail: mdelgado@poseidon.fcjs.urjc.es

Inmaculada Álvarez Ayuso
Universidad Complutense
Fac. C.C. Econ. y Empresariales
Campus de Somosaguas
28223 Madrid
Tlf. 91 394 23 55
Fax. 91 394 26 13
E-mail: eccuay6@sis.ucm.es

RESUMEN:

Este artículo tiene como objetivo medir la eficiencia técnica para los países de la Unión Europea para el período 1980-1997 y realizar un análisis comparativo entre los países tratando de determinar el potencial de crecimiento alcanzable en términos de producción dadas las dotaciones de inputs de cada economía. Para ello, nos basaremos en las técnicas de frontera estocástica introducidas en Battese y Coelli (1995) e implementaremos una función de producción translogarítmica, que permitirá estimar la eficiencia técnica de los países. Los resultados obtenidos indican que el capital privado afecta positivamente tanto a la producción como al empleo, indicando una relación de complementariedad entre ambos factores.

En este trabajo se utilizará una valoración del capital privado en la UE-15 realizada por las propias autoras empleando la Metodología del Inventario Permanente¹. Esta estimación se ha realizado en unidades monetarias para cada uno de los países, a partir de los datos de inversión privada extraídos de la base de datos New Cronos de Eurostat.

Palabras Clave: Eficiencia Técnica, Frontera Estocástica, Función de Producción Translogarítmica.

ABSTRACT

The aim of this article is to estimate the Technical efficiency in european countries over the period 1980-1997. To do this, we used a frontier approach introduced by Battese and Coelli (1995). We base the stochastic frontier production function on a transcendental-logarithmic form. Estimation results indicate that private capital affects private output and labour positively, so both factors are complementary.

¹ Las series de capital privado forman parte del proyecto de investigación "Estimación del capital privado, capital público y capital humano para los países de la UE-15" en el que las autoras han contado con la financiación del Instituto de Estudios Fiscales.

MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA PARA LOS PAÍSES DE LA UE

1. INTRODUCCIÓN

Los efectos esperados del proceso de integración económica en el que se ve inmersa la Unión Europea todavía no están claramente establecidos, aunque cabe esperar que este proceso suponga la introducción de una mayor eficiencia en la actividad productiva en los países de la UE-15. 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 aumentar su competitividad.

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 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 atractivos 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 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 además de estimar la ineficiencia en el uso de los factores productivos, obtener una mayor información sobre la contribución de estos a la producción y del tipo de rendimientos de la economía.

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. 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 VABpm. La disponibilidad de las series de inversión suministradas por esta misma base de datos ha permitido valorar el stock de capital privado en términos constantes, homogeneizados con la paridad de poder de compra estándar (PPS) de 1990. El periodo objeto de estudio es el periodo 1980-1997, aunque para la práctica totalidad de países las series de capital privado estimadas parten del año 1960 y alcanzan el año 2001, último para el que se facilita esta estadística.

La estructura de la comunicación 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 se ha utilizado para medir la eficiencia técnica de los países de la UE y se presentan las estimaciones realizadas. El

apartado cuarto se dedica a recoger las principales conclusiones de este trabajo. Por último se incorpora un apéndice en el que se detalla brevemente la base de datos utilizada.

2. METODOLOGÍA.

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 Schimdt (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977):

$$\begin{aligned} Y_{it} &= \exp(X_{it} \beta + v_{it} - u_{it}), & t = 1, \dots, T \\ & & i = 1, \dots, N \\ \varepsilon_{it} &= v_{it} + u_{it}, \quad u_{it} \leq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

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 x k) de variables explicativas y β un vector (k x 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_v^2 , 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 truncada² 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:

² Siguiendo a Battese y Coelli (1995) hemos supuesto que la ineficiencia técnica en producción sigue una distribución normal truncada en cero. Puesto que la ineficiencia solo puede reducir la producción por debajo de la frontera, es necesario suponer distribuciones asimétricas asociadas a dicho término, siendo igualmente aceptables las distribuciones half-normal y exponencial. Sin embargo, en diversos trabajos empíricos (Gumbau y Maudos (1996)) se demuestra que los resultados obtenidos siguiendo cualquiera de las distribuciones mencionadas con anterioridad son muy similares.

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

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

Las ecuaciones (1)-(2) se estiman simultáneamente siguiendo el método de Máxima Verosimilitud³, obteniéndose una eficiencia técnica (ET_{it}) de la forma:

$$ET_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-Z_{it}\delta - W_{it}) \quad (3)$$

3. RESULTADOS PARA LOS PAÍSES DE LA UE-15.

El análisis de la eficiencia siguiendo el enfoque de frontera estocástica parte de la estimación de la frontera de producción. La función elegida para ser utilizada en la estimación de la función de producción es la transcendental logarítmica. La elección ha estado basada en la flexibilidad de la función para adecuarse a cualquier tipo de tecnología productiva sin la necesidad de imponer restricciones a priori sobre los rendimientos a escala. A diferencia de la función Cobb-Douglas, que es la forma habitualmente elegida, la función translogarítmica permite la existencia de relaciones tanto de complementariedad

³ La función de verosimilitud y sus derivadas parciales con respecto a los parámetros del modelo se presentan en Battese y Coelli (1993), donde la primera se expresa en función de los parámetros de la varianza, $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2$ y $\gamma = \sigma^2 / \sigma_s^2$.

como de sustituibilidad entre los factores considerados en el modelo. En esta comunicación la especificación de la función de producción es la siguiente:

$$\text{Log}Y_{it} = a_0 + a_1 \log K_{it} + a_2 \log L_{it} + a_{12}(\log K_{it})(\log L_{it}) + a_{11}(\log K_{it})^2 + a_{22}(\log L_{it})^2 + v_{it} - u_{it}$$

Donde los subíndices hacen referencia: al país (i) y al momento del tiempo (t). Siendo:

- a_0 es el progreso tecnológico exógeno.
- $Y_i(t)$, el valor de la producción (VABpm), en términos constantes y PPS de 1990.
- $L_i(t)$, el empleo.
- $K_i(t)$, el valor del stock de capital privado, a precios constantes de 1990.
- v_{it} los errores aleatorios.
- U_{it} el término de la ineficiencia.

Siguiendo la especificación expuesta en la ecuación (2), el término de ineficiencia técnica viene explicado por un término independiente y dos variables explicativas Z_1 y Z_2 , que representan una tendencia temporal y una variable del país, respectivamente.

En cuanto a la información estadística empleada, las series de producción y empleo proceden de la base de datos New Cronos publicada por Eurostat. Las series de capital privado se han obtenido a partir de los datos de FBKF pública de la misma fuente y utilizando el método del inventario permanente (Alvarez y Delgado, 2002).

En la TABLA 1 se presentan los resultados obtenidos al estimar la frontera de producción y la función de la ineficiencia simultáneamente por máxima verosimilitud. Para realizar las estimaciones se ha utilizado el modelo FRONTIER 4.1 (Coelli, 1996),

diferenciando entre las estimaciones para los 15 países y los de la Zona Euro, con objeto de comprobar si existen diferencias al separar estos dos grupos.

TABLA 1. ESTIMACIÓN DEL MODELO DE FRONTERA ESTOCÁSTICA

<i>Variable</i>	<i>Parámetro</i>	<i>EUR-15</i>	<i>ZONA EURO</i>
<i>Función de frontera Estocástica</i>			
CONSTANTE	β_0	-8.69(-7.68)**	-9.67(-5.054)**
EMPLEO (L)	β_L	-4.28(-10.84)**	-5.46(-8.86)**
CAPITAL PRIVADO(K)	β_K	5.24(12.79)**	6.23(9.15)**
LK	β_{LK}	0.77(7.41)**	1.24(8.073)**
L^2	β_L^2	-0.29(-5.043)**	-0.58(-6.77)**
K^2	β_K^2	-0.44(-9.21)**	-0.64(-8.69)**
ELASTICIDAD L	ε_L	0.656	0.632
ELASTICIDAD K	ε_K	0.486	0.4023
<i>Función de la ineficiencia</i>			
CONSTANTE	δ_0	0.24(9.64)**	0.56(2.69)**
TENDENCIA	δ_1	-0.014(-9.71)**	-0.015(-7.066)**
PAIS	δ_2	0.0035(1.84)	-0.005(-1.68)
Parámetros de la varianza	σ_s^2	0.013(12.52)**	0.014(6.66)**
	γ	0.0000019(0.104)	0.99(0.55)
Log. F. Verosimilitud		204.459	161.179

Estadístico t-student entre paréntesis.

*Parámetro significativo al 90%.

**Parámetro significativo al 95%.

A la vista de los resultados anteriores, podemos extraer información sobre las relaciones entre los factores, los rendimientos de la economía y las elasticidades. En primer lugar, los valores obtenidos indican la existencia de relaciones de complementariedad entre los inputs privados, además las variables al cuadrado muestran que se obtienen rendimientos decrecientes para cada factor. Por último, podemos comprobar que las elasticidades directas⁴ obtenidas para el empleo y el capital privado son de 0.656 y 0.486 respectivamente, elasticidades acordes con las participaciones de dichos factores en la renta de cada país. Las estimaciones realizadas para la zona euro permiten alcanzar los mismos

⁴ Es posible obtener las elasticidades directas diferenciando la función de producción translogarítmica con respecto a los inputs privados. Estos resultados se han obtenido y se presentan también en la tabla 1.

resultados que para la UE-15, únicamente se reducen ligeramente las elasticidades directas de los inputs privados.

A continuación se presentan en la TABLA 2 los contrastes realizados con objeto de identificar de manera adecuada la forma funcional, la presencia de ineficiencia y la especificación de ésta. Se diferencian, al igual que en la TABLA anterior, los contrastes para la zona euro y para la totalidad de países de la UE, comprobándose que se obtienen los mismos resultados. El test 1 contrasta la hipótesis nula de que la forma funcional Cobb-Douglas es preferida a la translog, los valores obtenidos permiten rechazar la hipótesis con un nivel del 10%. En el segundo test, la hipótesis nula contrastada es si cada país está operando en la frontera de la eficiencia técnica y, por tanto, si las ineficiencias son cero. Se rechaza la hipótesis nula con el nivel del 10% confirmándose que γ no es cero, lo que indica que la ineficiencia forma parte de la función de producción y que la frontera de producción promedio no representa de manera adecuada los datos.

Los tests 3 y 4 consideran la hipótesis nula de que la ineficiencia no es función de las variables explicativas incluidas (test 3) y de una constante (test 4). De nuevo, la hipótesis nula es rechazada, confirmando que el efecto conjunto de las variables explicativas sobre la ineficiencia técnica y la constante son estadísticamente significativas.

TABLA 2. CONTRASTES.

Test	Hipótesis nula	Log. F. Verosimilitud	Valor λ	Valor Crítico	Decisión (90%)
EUR-15					
1	$H_0: \beta_{LK} = \beta_{L^2} = \beta_{K^2} = 0$	109.282	190.354	6.251	RECHAZO
2	$H_0: \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$	161.959	85.016	7.78	RECHAZO
3	$H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$	164.15	80.618	4.61	RECHAZO
4	$H_0: \delta_0 = 0$	187.058	34.802	2.706	RECHAZO
ZONA EURO					
1	$H_0: \beta_{LK} = \beta_{L^2} = \beta_{K^2} = 0$	105.26	111.838	6.251	RECHAZO
2	$H_0: \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$	123.469	75.42	7.78	RECHAZO
3	$H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$	133.803	54.752	4.61	RECHAZO
4	$H_0: \delta_0 = 0$	153.993	14.372	2.706	RECHAZO

NOTA: El estadístico λ se calcula como $\lambda = [\log.f. \text{verosimilitud}(H_0) - \log.f. \text{verosimilitud}(H_1)]$, que se distribuye aproximadamente como una chi-cuadrado con un número de grados de libertad igual al de parámetros que se igualan a cero en la hipótesis nula H_0 .

La eficiencia productiva se ha calculado en este trabajo como el ratio entre la producción media y la máxima posible alcanzable utilizando los inputs eficientemente⁵. En la TABLA 3 se presentan los resultados obtenidos por países y la media para cada año implementando la expresión (3), que indican: si el valor es igual a 1 que la región es eficiente, siendo la eficiencia menor cuanto más reducido es el valor obtenido. De manera paralela: $(1-\phi_{it}) \cdot 100$ mostraría el porcentaje en que se podría incrementar el VAB de las regiones sin necesidad de aumentar los inputs utilizados.

Al comparar los valores obtenidos se comprueba la existencia de ineficiencias en todos los países de la Unión Europea al comienzo del periodo, que se reducen de manera importante en los años analizados. En el año 1980, primer año objeto de estudio, la media de los países es de 0.77, lo cual indica que se podrían incrementar los niveles de producción en un 23% mediante la mejora de eficiencia en el uso de los inputs productivos. Portugal,

⁵ Los cálculos de las funciones frontera estimadas en este trabajo se han realizado utilizando la herramienta de programación existente en Frontier versión 4.1 (Coelli, 1996).

Dinamarca, Reino Unido y Suecia son los países que se sitúan por debajo de la media en ese año, siendo Austria, Alemania, Bélgica y España los países que obtienen los resultados más favorables. No obstante, también se comprueba que las diferencias entre los países son reducidas.

En cuanto al análisis de su evolución destaca la mejora de eficiencia experimentada por los países europeos en los años estudiados. Todos aumentan sus niveles de manera sostenida, sin que se observen retrocesos en esta trayectoria, ni siquiera a comienzos de la década de los noventa. Los países de la UE-15 han realizado un enorme esfuerzo por introducir mejoras de eficiencia en sus economías que se ve reflejado en los valores obtenidos por cada uno. En el último año estudiado se obtiene una media de 0.99, situándose Bélgica, Alemania, Austria y España en la frontera. Destaca entre todos los países Austria al situarse en la frontera de producción desde el año 1996. Con respecto al resto de países, los resultados son igualmente favorables situándose muy próximos a la producción eficiente.

TABLA 3. EFICIENCIA TÉCNICA DE LOS PAÍSES DE LA UE-15

PAIS	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
AUSTRIA	0.7937	0.8051	0.8167	0.8284	0.8403	0.8524	0.8647	0.8771	0.8897
ALEMANIA	0.7909	0.8023	0.8138	0.8256	0.8374	0.8495	0.8617	0.8741	0.8866
BELGICA	0.7882	0.7995	0.8110	0.8227	0.8345	0.8465	0.8587	0.8711	0.8836
ESPAÑA	0.7855	0.7968	0.8082	0.8198	0.8316	0.8436	0.8557	0.8680	0.8805
FINLANDIA	0.7828	0.7940	0.8054	0.8170	0.8288	0.8407	0.8528	0.8650	0.8775
FRANCIA	0.7800	0.7913	0.8026	0.8142	0.8259	0.8378	0.8498	0.8620	0.8744
GRECIA	0.7773	0.7885	0.7999	0.8114	0.8230	0.8349	0.8469	0.8591	0.8714
IRLANDA	0.7747	0.7858	0.7971	0.8086	0.8202	0.8320	0.8439	0.8561	0.8684
ITALIA	0.7720	0.7831	0.7943	0.8058	0.8173	0.8291	0.8410	0.8531	0.8654
LUXEMBURGO	0.7693	0.7804	0.7916	0.8030	0.8145	0.8262	0.8381	0.8502	0.8624
P.BAJOS	0.7666	0.7777	0.7889	0.8002	0.8117	0.8234	0.8352	0.8472	0.8594
PORTUGAL	0.7640	0.7750	0.7861	0.7974	0.8089	0.8205	0.8323	0.8443	0.8564
DINAMARCA	0.7613	0.7723	0.7834	0.7947	0.8061	0.8177	0.8294	0.8414	0.8535
R.UNIDO	0.7587	0.7696	0.7807	0.7919	0.8033	0.8149	0.8266	0.8385	0.8505
SUECIA	0.7561	0.7670	0.7780	0.7892	0.8005	0.8120	0.8237	0.8356	0.8476
MEDIA	0.7747	0.7859	0.7972	0.8086	0.8203	0.8321	0.8440	0.8562	0.8685
PAIS	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
AUSTRIA	0.9025	0.9155	0.9287	0.9420	0.9556	0.9693	0.9832	0.9974	1.0000
ALEMANIA	0.8994	0.9123	0.9255	0.9388	0.9523	0.9660	0.9798	0.9939	1.0000
BELGICA	0.8963	0.9092	0.9222	0.9355	0.9490	0.9626	0.9765	0.9905	1.0000
ESPAÑA	0.8932	0.9060	0.9191	0.9323	0.9457	0.9593	0.9731	0.9871	1.0000
FINLANDIA	0.8901	0.9029	0.9159	0.9290	0.9424	0.9560	0.9697	0.9837	0.9978
FRANCIA	0.8870	0.8998	0.9127	0.9258	0.9391	0.9527	0.9664	0.9803	0.9944
GRECIA	0.8839	0.8967	0.9096	0.9226	0.9359	0.9494	0.9630	0.9769	0.9909
IRLANDA	0.8809	0.8936	0.9064	0.9194	0.9327	0.9461	0.9597	0.9735	0.9875
ITALIA	0.8778	0.8905	0.9033	0.9163	0.9294	0.9428	0.9564	0.9701	0.9841
LUXEMBURGO	0.8748	0.8874	0.9001	0.9131	0.9262	0.9395	0.9531	0.9668	0.9807
P.BAJOS	0.8718	0.8843	0.8970	0.9099	0.9230	0.9363	0.9498	0.9634	0.9773
PORTUGAL	0.8688	0.8812	0.8939	0.9068	0.9198	0.9330	0.9465	0.9601	0.9739
DINAMARCA	0.8657	0.8782	0.8908	0.9036	0.9166	0.9298	0.9432	0.9568	0.9705
R.UNIDO	0.8628	0.8752	0.8877	0.9005	0.9135	0.9266	0.9399	0.9534	0.9672
SUECIA	0.8598	0.8721	0.8847	0.8974	0.9103	0.9234	0.9367	0.9501	0.9638
MEDIA	0.8810	0.8937	0.9065	0.9195	0.9328	0.9462	0.9598	0.9736	0.9859

En el análisis de la eficiencia merece la pena detenerse en el ranking más que en el propio valor de la eficiencia⁶. En este sentido en la TABLA 3 también se recoge el orden de los países en cuanto a su mayor o menor eficiencia en el uso de los factores productivos. Comenzando con Austria que es el país más eficiente de toda la Unión Europea-15 y finalizando con Suecia que es el último en este ranking. Un resultado de interés que se comprueba al analizar los ranking en cada año es que permanecen inalterados en todo el periodo sin que los países experimenten ningún cambio en la posición obtenida desde el comienzo del periodo.

4. PRINCIPALES RESULTADOS.

Uno de los efectos esperados del proceso de integración económica en el que se encuentran los países de la UE-15 es la mejora de eficiencia en el uso de los factores productivos, exigido en un contexto de gran competencia entre las empresas. En este trabajo se han empleado técnicas frontera, en concreto los desarrollos de la frontera estocástica, para medir la eficiencia técnica de los países de la UE-15. Esta metodología 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 tiene especial interés dadas sus implicaciones en política económica.

⁶ Habitualmente se realizan comparaciones entre los resultados obtenidos empleando métodos paramétricos de la frontera estocástica y con métodos no paramétricos en los que no ha sido necesario imponer ninguna forma funcional (Alvarez y Delgado, 2001).

Los resultados obtenidos han permitido comprobar la evolución favorable en términos de eficiencia que han experimentado las economías europeas en el periodo analizado. 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. Entre los datos disponibles se encuentra el de la FBKF privada, que ha hecho posible realizar una estimación del stock de capital privado de estos países, empleando el método del inventario permanente.

5. BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, I. y M.J. Delgado (2001): *Contribución de los Equipamientos de Infraestructuras Productivas a la Mejora de la Eficiencia Técnica*, Papeles de Trabajo N°18/01, Instituto de Estudios Fiscales, Madrid.

Alvarez, I. y M.J. Delgado (2002): *Estimación del capital privado, público y capital humano para los países de la UE-15*, Proyecto de Investigación del Instituto de Estudios Fiscales.

Aigner, D., C. Lovell y P. Schmidt (1977): "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, 6, págs. 21-37.

Battese, G. y T.J. Coelli (1993): *A Stochastic Frontier Production Function incorporating a model for technical inefficiency effects*, Working Paper in Econometrics and Applied Statistics 69/93, Department of Econometrics, University of New England.

Battese, G. y T.J. Coelli (1995): "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data", *Empirical Economics*, 20, págs. 325-332.

Coelli, T.J. (1996): *A Guide to Frontier Version 4.1: A computer program for stochastic frontier production and cost function estimation*, CEPA Working Paper 96/07, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale.

EUROSTAT (2002): New Cronos, Base de datos en CD.

Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris y Z. Zhang (1994): "Productivity growth, technical progress and efficiency change in Industrialized Countries", *American Economic Review*, 84 (1), págs. 66-83.

Fecher, F. y S. Perelman (1992): "Productivity Growth and Technical Efficiency in OECD Industrial Activities" en R.E. Caves (ed.): *Industrial Efficiency in Six Nations*, The MIT Press, págs. 459-488.

Grosskopf, S. (1993): "Efficiency and Productivity" en H. Fried, C. Lovell, y S. Schmidt (eds): *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford, Oxford University Press, págs. 160-194.

Gumbau Albert, M. y J. Maudos (1996): "Eficiencia Productiva Sectorial en las Regiones Españolas: Una Aproximación Frontera", *Revista Española de Economía*, 13 (2), págs. 239-260.

Maudos, J., J.M. Pastor y L. Serrano (1998): "Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad", *Revista Española de Economía*, 15(2), págs. 235-264.

Meeusen W. y J. Van Den Broeck (1977): "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error", *International Economic Review*, 18 (2), págs. 435-444.

Pedraja, F., J. Ramajo y J. Salinas (1999): "Eficiencia Productiva del Sector Industrial Español: un Análisis Espacial y Sectorial", *Papeles de Economía Española*, 80, págs. 51-67.

Puig-Junoy J. (2001): "Technical Inefficiency and Public Capital in U.S. States: A Stochastic Frontier Approach", *Journal of Regional Science*, 41(1), págs. 75-96.

Taskin, F. y O. Zaim (1997): "Catching-up and innovation in high-and low- income countries", *Economics Letters*, 54, págs. 93-100.