

VIII ENCUENTRO DE ECONOMIA APLICADA

FACTORES DETERMINANTES DE LAS GANANCIAS DE PRODUCCIÓN DE LOS SECTORES ECONOMICOS REGIONALES EN ESPAÑA: EL PAPEL DE LAS INFRAESTRUCTURAS PRODUCTIVAS Y LA EFICIENCIA TECNICA.

Inmaculada Álvarez Ayuso
Universidad Complutense de Madrid

M^a Jesús Delgado Rodríguez
Universidad de Castilla la Mancha

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es investigar los factores determinantes de las ganancias de producción que se han conseguido, tanto en el ámbito agregado como sectorial, en las regiones españolas en el período 1980-1995. La utilización de aproximaciones frontera en este análisis, siguiendo tanto el enfoque paramétrico de la frontera estocástica, como el no paramétrico de la DEA, permitirá contrastar la contribución de los equipamientos de infraestructura a la producción privada, así como el grado de eficiencia técnica en el uso de los factores productivos. Los resultados ponen de manifiesto el papel relevante de estos dos factores y las importantes diferencias sectoriales en los niveles de eficiencia.

Palabras clave: Infraestructuras Productivas, Eficiencia Técnica, Frontera estocástica.

JEL C14 C23 H54 D24

I. INTRODUCCIÓN

El interés por establecer las fuentes del crecimiento económico ha impulsado la realización de investigaciones que han incorporado a este análisis tanto los equipamientos de infraestructuras con que cuenta cada región (Aschauer, 1989a,b), como la eficiencia técnica con que actúan los agentes económicos (Farrell, 1957), entendiendo ésta como el grado de éxito en la utilización de los recursos productivos. Este trabajo trata de aunar los objetivos de ambos planteamientos para analizar conjuntamente la contribución de estos dos factores a las ganancias de producción, tanto en el ámbito agregado como sectorial, de las regiones españolas en el período 1980-1995.

La mayor parte de los trabajos que incluyen los equipamientos de infraestructura productiva como un input más de la función de producción, tratan de identificar sus efectos sobre la actividad económica de un país o región asumiendo que todos los sectores y regiones son igualmente eficientes en la utilización de los factores¹. Estas estimaciones presentan el inconveniente de que estarían sesgadas en presencia de ineficiencia, tal y como señalan Grosskopf (1993) y Färe et al. (1994)². Por ello, en este trabajo se relaja este supuesto utilizando para los análisis realizados técnicas de frontera, que permiten la existencia de diferencias en el nivel de eficiencia de las unidades de producción, con el fin de paliar este problema.

La aplicación de estas técnicas al estudio de las infraestructuras ofrece la posibilidad de realizar estimaciones que incorporan explícitamente la existencia de ineficiencias en el uso de los factores productivos, añadiéndose a la evidencia obtenida en España sobre este tema. En este trabajo se analizará la contribución de las infraestructuras a la producción privada regional y por sectores, contrastando previamente el tipo de rendimientos de escala existentes en cada uno de ellos. A continuación, será objeto de estudio la eficiencia de los sectores productivos en las regiones españolas en el periodo considerado, 1980-1995, medida ésta como el ratio entre la producción media y la máxima posible obtenida utilizando los inputs

¹ Existe toda una amplia literatura sobre la contribución de las infraestructuras a la producción privada regional que no tiene en cuenta la eficiencia. En De la Fuente (1996) y Mas et al. (1994b) se recogen los principales resultados obtenidos en este análisis para la economía española. En estos trabajos se estiman funciones medias de producción donde se asume implícitamente que existe algún nivel medio de eficiencia descrito por la propia función de producción respecto del cual las desviaciones son aleatorias y pueden ser absorbidas por un término de error con las propiedades habituales. Estos estudios suponen, por tanto, que las diferencias de eficiencia son poco significativas.

² En los últimos años se han publicado trabajos que utilizan técnicas de frontera para investigar la eficiencia técnica como fuente de crecimiento de la producción (a nivel internacional destacan los de Fecher y Perelman (1992) y Taskin y Zaim (1997), y para el caso español los de Gumbau y Maudós (1996)). En ellos se constata la existencia de importantes niveles de ineficiencia en los sectores productivos, poniendo de manifiesto que su omisión en los análisis puede afectar de modo sustancial a la validez de los resultados.

eficientemente. Al incorporar las infraestructuras en este análisis podremos comprobar el efecto marginal sobre la eficiencia que se logra al tenerlas en cuenta

Para llevar a cabo los objetivos planteados se aplicarán los desarrollos más recientes en los dos enfoques que actualmente existen para la estimación de fronteras de producción: el paramétrico (que impone una determinada forma funcional) y el no paramétrico (en el que no existe esta exigencia). En concreto, siguiendo la primera aproximación, se estimarán funciones de producción estocásticas, mientras que siguiendo el segundo enfoque, basado en métodos de programación matemática, se utilizará la técnica de envolvente de datos (DEA). La utilización de ambos enfoques hará posible comparar los resultados obtenidos en cada uno de ellos³, lo que permitirá dar consistencia a los resultados y a la forma funcional empleada (la función de producción del tipo Cobb-Douglas). El doble ámbito de esta investigación: regional y sectorial, permitirá ampliar los resultados obtenidos en el análisis de las infraestructuras productivas en España, al ser menor el número de trabajos que los incorpora simultáneamente⁴. Concretamente, en este trabajo se estima una función frontera de producción para cada uno de los sectores de las regiones españolas en el periodo 1980-1995, siendo estos sectores: la agricultura, la industria, la energía, la construcción y los servicios destinados a la venta.

El proceso de integración económica y monetaria va a obligar a las regiones españolas a realizar un esfuerzo por reducir los niveles de ineficiencia en el uso de los factores productivos y aumentar su competitividad. En este contexto, los resultados de esta investigación cobran gran interés por sus implicaciones a la hora de seleccionar el destino del gasto público, al ser el incremento de las infraestructuras una posible vía para obtener mejores resultados.

La estructura del trabajo es la siguiente. En el segundo apartado se presenta la metodología utilizada para estimar la eficiencia a partir de técnicas paramétricas y no

³ Generalmente, en los trabajos realizados se opta por uno de los enfoques existentes para la estimación de fronteras, no siendo frecuente la comparación de ambos. Maudos et al. (1998) y Prior (1990) utilizan para su análisis una aproximación frontera no paramétrica, mientras que Gumbau (1998) y Gumbau y Maudos (1996) optaron por el enfoque de frontera estocástica.

⁴ La estimación de funciones frontera y el análisis de la eficiencia se ha aplicado fundamentalmente a sectores concretos (Pastor, 1995 se refiere al sector bancario, Picazo, 1995 al sector seguros), siendo aún más reducidos los trabajos en los que se han incorporado el capital público a este análisis (Pedraja, 1999).

paramétricas. En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos en los distintos análisis realizados: en primer lugar se especifica la forma funcional adoptada para estimar la frontera de producción que incorpora los equipamientos de infraestructuras productivas y se describen las variables y los datos utilizados. Por último, en el apartado cuarto se dedica a recoger las conclusiones de este trabajo.

II. MODELO TEORICO

El cálculo de la ineficiencia ha supuesto la principal motivación en el estudio de las fronteras. Existen dos enfoques en la construcción de fronteras: uno de ellos se basa en las técnicas de programación matemática, mientras que el otro utiliza las herramientas econométricas. La principal ventaja de la programación matemática o aproximación “Data Envelopment Analysis” (DEA) radica en que no necesita imponer una forma funcional explícita sobre los datos. Aunque, la frontera obtenida puede resultar deformada si estos se encuentran contaminados por ruido estadístico. Por su parte, la aproximación econométrica tiene en cuenta el ruido estadístico, pero impone una forma funcional, quizás restrictiva, para la tecnología. En este artículo se aplican los desarrollos más recientes en ambas aproximaciones a los datos regionales de la economía española, durante el período 1980-1995.

A continuación, se pasará a desarrollar en detalle los modelos en los que se basa el cálculo de la eficiencia de este trabajo⁵, desde los dos enfoques mencionados con anterioridad. Así pues, en primer lugar, se expondrá el modelo de frontera estocástica desarrollado en Battese y Coelli (1995). En segundo lugar, se plantean las técnicas de programación lineal, denominadas Data Envelopment Analysis (DEA).

La noción de frontera determinística asume que toda desviación respecto a la frontera es ineficiencia. La compilación de shocks exógenos con ineficiencias en un único término de error no parece del todo razonable, lo que ha llevado a plantear la denominada “frontera estocástica”, que permite calcular la eficiencia de las distintas regiones desde el punto de vista econométrico. Aigner, Lovell y Schimdt (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977) desarrollaron, de manera simultánea, una frontera estocástica en la que el término de error consta de dos componentes:

$$Y_i = f(X_i, \beta) + \varepsilon_i, \quad i=1, \dots, N$$

$$\varepsilon_i = v_i + u_i$$

En primer lugar, de un componente simétrico v_i , distribuido como una normal con media cero y varianza $F^2_{v_i}$, que permite variaciones aleatorias de la frontera entre empresas, y captura el efecto de los errores de medida, otro ruido “estadístico” y shocks fuera del control de los agentes económicos. El

⁵ Una revisión de las diferentes técnicas y aproximaciones a la estimación de funciones frontera puede encontrarse en Lovell (1993) y Green (1993).

segundo componente: u_i , se distribuye como una normal con media cero y varianza $F^2_{u_i}$, y captura los efectos de la ineficiencia relativa a la frontera estocástica.

A partir de este esquema se han planteado diferentes modelos, entre los que destaca el desarrollado por Battese y Coelli (1995) que ha contribuido de manera importante a la flexibilización del supuesto de invarianza de la eficiencia en el tiempo, y en el que la eficiencia técnica se calcula como el ratio entre la producción media y la obtenida utilizando los inputs eficientemente⁶. 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 artículo⁷.

Schmidt (1985) expone las principales ventajas que supone el uso de un panel de datos⁸, entre las que destacan las siguientes: 1) los supuestos sobre las distribuciones son innecesarios; 2) no es preciso suponer independencia entre niveles de inputs e ineficiencia y, por último, 3) podemos estimar u_i con más eficacia, dado que lo observamos T veces.

Tal y como se plantea en Battese y Coelli (1995), consideraremos la función de producción estocástica para un panel de datos:

$$Y_{it} = \exp(X_{it}\beta + v_{it} - u_{it}), \quad t = 1, \dots, T \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, N$$

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 F^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 truncada⁹ en cero con media Z_{it}^* y varianza F^2 . Z_{it} es un vector (1 x m) de variables explicativas asociadas a la ineficiencia técnica a lo largo del tiempo y $*$ es un vector (m x 1) de coeficientes desconocidos.

⁶ En otros trabajos el análisis se centra en la ineficiencia, medida ésta como la desviación entre el nivel del output observado y el máximo posible dada la cantidad de inputs utilizados.

⁷ En algunos trabajos se ha estimado la ineficiencia a partir de modelos estándar de datos de panel, asumiendo que la ineficiencia es constante en el tiempo o permitiendo que la ineficiencia varíe en el tiempo pero imponiendo, a su vez, estructuras demasiado restrictivas a esta variación.

⁸ Pitt y Lee (1981) fueron pioneros en la estimación con datos de panel, pero su aproximación por Máxima Verosimilitud impone demasiada estructura sobre el término de eficiencia.

⁹ 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.

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

A su vez, la ineficiencia técnica se expresa como:

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

, donde W_{it} sigue una distribución normal truncada en $-Z_{it} \beta$ con media cero y varianza F^2 .

Las ecuaciones (1)-(2) se estiman siguiendo el método de Máxima Verosimilitud¹⁰, obteniéndose una eficiencia técnica de la forma:

$$Te_{it} = \exp(-u_{it}) = \exp(-Z_{it} \beta - W_{it}) \quad (3)$$

Desde el punto de vista no-paramétrico implementaremos en este trabajo las medidas de eficiencia desarrolladas por Farrell (1957) usando métodos de programación lineal, denominados Envolverte de Datos (DEA¹¹). Farrell propuso que la eficiencia de una unidad de decisión consta de dos componentes: “eficiencia técnica”, que refleja la habilidad para obtener el máximo output para un conjunto dado de inputs, y la “eficiencia redistributiva”, que refleja la habilidad para usar los inputs en las proporciones óptimas, dados sus respectivos precios. Ambas medidas se combinan para obtener la “eficiencia económica”. En este análisis, centraremos nuestra atención en las medidas de eficiencia output-orientadas¹², que responden a la pregunta acerca de cuanto podemos expandir el output sin alterar la cantidad de inputs necesaria.

El modelo DEA sobre el que efectuamos el cálculo de la eficiencia técnica y de escala es el desarrollado en Seiford y Thrall¹³ (1990). El propósito de estos modelos radica en construir una frontera de posibilidades de producción no-paramétrica, que envuelva los datos.

¹⁰ 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, $F_s^2 = F_v^2 + F^2$ y $\rho = F^2/F_s^2$ (siguiendo la reparametrización planteada por Battese y Corra(1977)).

¹¹ DEA proviene del inglés Data Envelopment Analysis.

¹² Equivalentemente, las medidas de eficiencia input-orientadas mantienen el nivel de output constante, permitiéndonos calcular en que medida es posible reducir la cantidad de inputs.

Consideramos N unidades de decisión (DMU¹⁴). Cada DMU consume cantidades de M inputs para producir S outputs. Específicamente, la DMU j consume X_{ji} del input i y produce Y_{jr} del output r . Suponemos que $X_{ji} \geq 0$ y $Y_{jr} \geq 0$. Asimismo, X e Y son matrices $M \times N$ y $S \times N$, que contienen la totalidad de inputs y outputs correspondientes a las N DMU's consideradas. Para una DMU su ratio input/output proporciona una medida de eficiencia. En programación matemática este ratio, que se minimiza, constituye la función objetivo de la DMU analizada. Por su parte, la incorporación de restricciones normalizadas refleja la condición de que el ratio input/output de cada DMU debe ser superior a la unidad, de manera que la frontera calculada envuelva a las distintas combinaciones input-output correspondientes a la totalidad de DMU's consideradas. Por tanto, el programa matemático para el ratio de eficiencia será:

$$\begin{aligned} & \text{Min } v^T x_0 / u^T y_0 \\ & u, v \\ & \text{s.a. } v^T x_j / u^T y_j \geq 1 \quad j=1, 2, \dots, N \\ & \quad u \geq 0 \\ & \quad v \geq 0 \end{aligned}$$

donde las variables son u y v , vectores $S \times 1$ y $M \times 1$, respectivamente. De esta forma, calculamos los pesos óptimos u^* y v^* , asociados a los outputs e inputs. Sin embargo, este último problema proporciona infinitas soluciones, para lo cual incorporamos la restricción $u^T y_0 = 1$, que nos lleva a obtener θ como resultado de la transformación:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ & \theta, \lambda \\ & \text{s.a. } \theta x_0 = \sum \lambda_j x_j \\ & \quad \theta Y - \sum \lambda_j Y_j \geq 0 \\ & \quad \theta \geq 0 \\ & \quad \lambda_j \geq 0 \end{aligned}$$

Cuyo problema dual es:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \theta \\ & \theta, \lambda \\ & \text{s.a. } \theta x_0 - \sum \lambda_j x_j \leq 0 \\ & \quad \theta Y - \sum \lambda_j Y_j \geq 0 \\ & \quad \theta \geq 0 \end{aligned} \tag{4}$$

donde N es un escalar y λ es un vector $N \times 1$.

¹³ Los modelos estándar de rendimientos constantes y variables a escala, que llevan a cabo el cálculo de eficiencias técnicas y de escala, se desarrollan en Fare, Grosskopf y Lovell (1994).

¹⁴ DMU hace referencia a "decision making unit", que es un término más amplio que el de firma.

III. RESULTADOS OBTENIDOS

En este apartado se van a presentar los resultados obtenidos en los distintos análisis realizados. En primer lugar, se va a estimar la frontera de producción¹⁵, a partir de la cual se podrá medir el grado de eficiencia con que actúan los sectores productivos regionales.

A. Estimación de la frontera de producción y variables empleadas

El análisis de la eficiencia que se va a realizar parte de la estimación de la frontera de producción. Para ello, y como en la mayor parte de los estudios empíricos realizados, vamos a suponer que la tecnología subyacente a la función de producción es del tipo Cobb-Douglas. En ella, además de considerar los inputs privados (stock de capital privado y empleo) se ha incluido el stock de infraestructuras productivas (aeropuertos, autopistas, etc)¹⁶ con objeto de investigar su contribución a la producción privada.

De esta manera, la forma funcional que representará la producción sectorial y nacional para cada una de las regiones españolas, vendrá dada por:

$$\log Y_{ri}(t) = C + \sum_{s=1}^S [\alpha_s \log L_{ri}(t) + \beta_s \log KPRIV_{ri}(t) + \gamma_s \log INFRA_{ri}(t)] Z_r + v_{ri}(t) - u_{ri}(t)$$

$r = 1, \dots, S; i = 1, \dots, I \text{ y } t = 1, \dots, T$ (16)

Donde los subíndices hacen referencia: al sector productivo (r y s), a la Comunidad Autónoma (i) y al momento del tiempo (t). Siendo:

$Y_{ri}(t)$ el valor de la producción privada (VABpm) de la Comunidad i en el sector r y en el año t , en pesetas constantes de 1990.

$L_{ri}(t)$ es el empleo del sector privado de la Comunidad i en el sector r y en el año t .

¹⁵ El enfoque paramétrico permite estimar los parámetros de la frontera de producción.

¹⁶ En este trabajo nos vamos a centrar en la contribución de las infraestructuras productivas, entendiendo éstas como aquellos equipamientos que condicionan en mayor medida la capacidad y funcionamiento del sistema económico, entre los que se encuentran los equipamientos energéticos, carreteras, ferrocarriles, etc (Mas et al. 1994a, Delgado, 1998). Las infraestructuras de carácter social (sanidad y educación, fundamentalmente) tienen también un papel muy importante en el crecimiento económico regional. No obstante, no se han incluido en esta investigación dada la dificultad para cuantificar estos equipamientos muy ligados al capital humano.

$KPRIV_{ri(t)}$ es el valor del stock de capital privado productivo de la Comunidad i en el sector r y en el año t , a precios constantes de 1990.

$INFRA_{ri(t)}$ es el indicador de infraestructuras productivas en unidades físicas para cada Comunidad i en el año t . Z_r es una variable dummy sectorial que toma el valor 1 cuando $r = s$, y 0 en caso contrario.

Al igual que en Gumbau y Maudos (1996), se ha procedido a estimar las funciones sectoriales de producción como una única frontera para evitar determinados problemas particulares de la estimación de funciones frontera¹⁷. De esta manera, se permite que cada uno de estos sectores tenga su propia tecnología de producción y, por tanto, distintas elasticidades para los factores productivos.

En cuanto a la información estadística empleada, las series correspondientes a la producción y al empleo proceden de Cordero y Gayoso (1996) elaboradas a partir de las cifras de la Contabilidad Regional de España publicadas por el Instituto Nacional de Estadística. Las series de capital privado proceden de la publicación de la Fundación BBV que contiene una estimación a nivel regional del stock de capital privado para los grandes sectores de la economía española. Para aproximarnos a la variable de infraestructuras productivas se ha utilizado la serie de índices sintéticos que recoge la capacidad de estos equipamientos elaborada por Alvarez y Delgado (1999).

En primer lugar, se procedió a contrastar el tipo de rendimientos implícito en la función de producción de cada sector, para ello, se ha reparametrizado la ecuación (16)

$$\log(Y/L)_{ri}(t) = C + \sum_{s=1}^S [\beta_s \log(KPRIV/L)_{ri}(t) + \gamma_s \log(INFRA/L)_{ri}(t) + (\alpha + \beta + \gamma - 1) \log \bar{L}_{ri}(t)] Z_r + v_{ri}(t) - u_{ri}(t)$$

de la siguiente forma:

$$r = 1, \dots, S; i = 1, \dots, I \text{ y } t = 1, \dots, T \quad (17)$$

En esta ecuación la no significatividad del coeficiente que acompaña al empleo ($\alpha + \beta + \gamma - 1$) será indicio de la presencia de rendimientos a escala constantes en el sector s .

¹⁷ Aigner et al. (1997) ponen de manifiesto que la estimación de la ineficiencia técnica exige que los residuos de la regresión sean negativamente asimétricos. La aproximación adoptada para estimar la frontera de producción con todos los sectores facilita que se cumpla esta condición.

CUADRO 1. Contraste del tipo de rendimientos

<i>Total</i>	<i>Agricultura</i>	<i>Energía</i>	<i>Industria</i>	<i>Construcción</i>	<i>Serv.Ds. Venta</i>
0.1704	-0.1076	-0.1223	0.1269	0.0331	0.1423
(10.9478)	(-2.6197)	(-4.3305)	(4.3134)	(1.6765)	(10.9029)

t-estadístico entre paréntesis.

El cuadro 1 muestra el valor estimado del parámetro ($\alpha + \beta + \gamma - 1$) así como el estadístico *t*-student en los cinco sectores considerados y en el conjunto de la economía. Los resultados muestran, que se acepta la hipótesis de rendimientos crecientes en el sector industrial, en el de servicios destinados a la venta y para el total de los sectores, constantes en el sector de la construcción y decrecientes en el sector agrario y energético. Por este motivo, las estimaciones que se presentan de la frontera estocástica se obtienen teniendo en cuenta dichos resultados.

CUADRO 2. Estimación del modelo

<i>Variables</i>	<i>Total</i>	<i>Agricultura</i>	<i>Energía</i>	<i>Industria</i>	<i>Construcción</i>	<i>Serv.Ds. Venta</i>
C	0.2266 (1.2181)			2.7760 (32.3599)		
EMPLEO	0.1704 (10.9478)	-0.1166 (-2.4026)	-0.1239 (-4.3494)	0.1284 (4.3943)		0.1429 (9.9606)
KPRIV/L	0.3099 (5.9268)	0.4705 (15.6756)	0.4539 (24.7659)	0.1831 (7.0485)	0.2785 (9.4362)	0.1665 (8.0573)
INFRA/L	0.2118 (12.7409)	-0.0477 (-1.2672)	-0.1508 (-5.4807)	0.1890 (7.2585)	0.0064 (0.5389)	0.1837 (12.7205)
δ_0	0.0271 (0.5451)			1.7806 (47.8204)		
δ_1	-0.0057 (-1.3308)			-0.5919 (-46.8554)		
δ_2	0.0008 (0.4057)			-0.0009 (-8.8146)		
$\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2$	0.0063 (2.2842)			0.0309 (29.3091)		
$\lambda^2 = \sigma / \sigma_s^2$	0.8409 (11.1814)			0.9502 (214.7156)		
$H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$	χ^2 -est=10.904			χ^2 -est=977.046		

t-estadístico entre paréntesis.

En el cuadro 2 se recogen los resultados de la estimación del modelo por máxima verosimilitud de la función de producción. La elasticidad de los parámetros obtenidos para el total de la economía confirman la contribución positiva de las infraestructuras a la productividad por trabajador. Por sectores, se observa una conexión positiva entre capital público y productividad en el sector industrial y el de servicios destinados a la venta. En los sectores de agricultura y de construcción estos equipamientos no son significativos y en el sector energético la conexión es negativa¹⁸.

¹⁸ Una posible causa del signo de este parámetro se encuentre en que parte de los equipamientos del sector energético se hayan incluido en el indicador de infraestructuras.

B. Análisis de la eficiencia sectorial en las regiones españolas.

La eficiencia productiva se ha calculado en este trabajo como el ratio entre la producción media y la máxima posible obtenida utilizando los inputs eficientemente¹⁹. Su cálculo puede realizarse utilizando la técnica de frontera no paramétrica DEA (Maudos *et al.*, 2000) o a partir de la aproximación de la frontera estocástica (Gumbau *et al.*, 1996).

En la aproximación no paramétrica:

1. Es innecesaria la especificación de la forma funcional para los datos.
2. Es innecesario realizar ningún supuesto sobre la distribución del término de ineficiencia.

En la aproximación paramétrica:

1. Existe una mayor precisión en las estimaciones al especificarse la forma funcional de la frontera de producción.
2. Se diferencia la ineficiencia de otros factores como errores de medida, clima, etc.

Cada una de ellas presenta ventajas, que a su vez, suponen una limitación en la otra, por ello, en este apartado se ha optado por utilizar los dos enfoques. De esta manera, se pretende dar consistencia a los resultados y a la forma funcional que se ha empleado en la estimación de la frontera estocástica: la función de producción Cobb-Douglas.

En los cuadros 3 y 4 se presenta la eficiencia por sectores de las regiones españolas y para el total de la economía. Se han seleccionado los años 1980, 1985, 1990 y 1995 para mostrar la evolución de la eficiencia en el periodo considerado. El cuadro 3 recoge los resultados obtenidos a partir del modelo de Batesse y Coelli, y el cuadro 4 a partir de las técnicas de programación lineal (DEA)²⁰. Se diferencian dos bloques en cada cuadro: en el primero, se presentan las estimaciones incluyendo el factor de infraestructuras productivas y, en el segundo, sin ellas, esto hará posible comparar los resultados para determinar el efecto marginal sobre la eficiencia que se logra al tenerlas en cuenta.

Al analizar la evolución de la eficiencia en los distintos sectores y en el conjunto de la economía se comprueba:

¹⁹ Otros trabajos parten del cálculo de la ineficiencia como desviación entre el nivel del output observado y el máximo posible dada la cantidad de inputs utilizados.

²⁰ Se presenta la misma restricción de rendimientos que en la frontera estocástica.

- a) La existencia de importantes diferencias entre los sectores productivos: los sectores industria, construcción y servicios destinados a la venta obtienen mayores niveles de eficiencia que los sectores de agricultura y energía.
- b) A escala regional también existen desigualdades considerables en el grado de eficiencia tanto en el agregado de la economía como de cada sector. En el año 1995 Galicia obtiene los menores niveles de eficiencia en el total de la economía (0.894) frente a la Rioja (0.986). Por sectores: el de servicios destinados a la venta y construcción presentan las menores diferencias entre las regiones, mientras que en agricultura y energía las distancias en las eficiencias entre las regiones son más importantes.
- c) En general, se observa que ha aumentado el grado de eficiencia de todas las regiones y en todos los sectores. Así en el sector construcción la eficiencia alcanzada en Andalucía aumenta de 0.940 en el año 1980 a 0.985 en el año 1995.
- d) En cuanto a la comparación de la eficiencia obtenida incluyendo las infraestructuras productivas y sin incluirlas, destaca la mejora marginal de eficiencia que se obtiene en todos los sectores y regiones. Tan solo en algún año, región y sector se observa que no se ha incrementado la eficiencia (este es el caso de Aragón en el sector agrario en el año 1980 que se reduce ligeramente la eficiencia de 0.327 sin capital público a 0.324 al incluirlo).
- e) La comparación de los dos enfoques utilizados en este análisis, muestra que, en general, conducen a similares resultados respecto a las regiones y sectores. No obstante, se obtienen mayores diferencias regionales y sectoriales con el enfoque no paramétrico.

Cuadro 3. Eficiencias Sectoriales por CCAA, a partir del modelo de Batesse y Coelli.

SECTOR	Total				Agricultura				Energía				Industria				Construcción				Servicios D.V.			
	REGION	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990
Andalucía	0.968	0.984	0.981	0.978	0.368	0.417	0.438	0.419	0.685	0.612	0.720	0.788	0.940	0.973	0.967	0.969	0.940	0.983	0.987	0.985	0.980	0.986	0.983	0.983
Aragón	0.950	0.974	0.977	0.982	0.324	0.321	0.308	0.302	0.511	0.536	0.521	0.540	0.873	0.950	0.964	0.976	0.873	0.937	0.973	0.982	0.983	0.989	0.989	0.990
Asturias	0.876	0.905	0.912	0.931	0.272	0.269	0.288	0.291	0.474	0.461	0.445	0.466	0.870	0.911	0.910	0.947	0.961	0.985	0.988	0.990	0.960	0.974	0.973	0.980
Baleares	0.964	0.978	0.969	0.979	0.285	0.315	0.315	0.355	0.490	0.473	0.575	0.550	0.796	0.830	0.800	0.839	0.870	0.989	0.944	0.959	0.989	0.988	0.987	0.988
Canarias	0.932	0.980	0.974	0.971	0.356	0.372	0.411	0.360	0.534	0.583	0.719	0.715	0.852	0.864	0.925	0.905	0.876	0.971	0.977	0.974	0.968	0.988	0.982	0.982
Cantabria	0.856	0.901	0.922	0.938	0.268	0.280	0.346	0.358	0.383	0.342	0.469	0.480	0.846	0.893	0.896	0.953	0.866	0.914	0.970	0.965	0.962	0.984	0.981	0.980
Castilla y León	0.928	0.936	0.934	0.954	0.298	0.324	0.321	0.366	0.471	0.500	0.517	0.544	0.938	0.957	0.963	0.983	0.873	0.957	0.961	0.968	0.982	0.976	0.976	0.980
Castilla-M.	0.940	0.949	0.960	0.947	0.356	0.361	0.360	0.339	0.694	0.654	0.773	0.873	0.868	0.912	0.953	0.948	0.916	0.978	0.958	0.957	0.977	0.980	0.984	0.981
Cataluña	0.952	0.967	0.970	0.970	0.361	0.337	0.376	0.367	0.613	0.594	0.666	0.714	0.893	0.937	0.945	0.969	0.917	0.938	0.982	0.984	0.971	0.983	0.985	0.984
Extremadura	0.907	0.932	0.929	0.943	0.292	0.323	0.347	0.299	0.374	0.706	0.677	0.680	0.835	0.872	0.851	0.863	0.883	0.986	0.964	0.976	0.979	0.974	0.974	0.977
Galicia	0.881	0.867	0.881	0.894	0.302	0.297	0.312	0.303	0.670	0.693	0.696	0.760	0.877	0.925	0.935	0.961	0.880	0.966	0.971	0.957	0.980	0.976	0.964	0.975
Madrid	0.962	0.970	0.973	0.965	0.322	0.293	0.285	0.284	0.491	0.596	0.654	0.631	0.865	0.906	0.942	0.966	0.871	0.952	0.981	0.986	0.980	0.984	0.985	0.984
Murcia	0.974	0.980	0.979	0.963	0.340	0.372	0.447	0.398	0.902	0.718	0.890	0.957	0.858	0.864	0.875	0.907	0.940	0.981	0.979	0.977	0.985	0.989	0.985	0.977
Navarra	0.963	0.954	0.971	0.970	0.338	0.334	0.357	0.351	0.402	0.568	0.603	0.580	0.923	0.909	0.956	0.973	0.915	0.990	0.958	0.965	0.983	0.983	0.987	0.983
Rioja	0.948	0.978	0.962	0.986	0.296	0.381	0.384	0.382	0.489	0.703	0.810	0.706	0.960	0.983	0.972	0.990	0.957	0.985	0.979	0.957	0.984	0.976	0.977	0.984
Valencia	0.959	0.972	0.959	0.958	0.355	0.337	0.367	0.337	0.635	0.714	0.753	0.818	0.878	0.920	0.904	0.931	0.947	0.987	0.976	0.975	0.980	0.984	0.982	0.979
Pais Vasco	0.900	0.919	0.935	0.948	0.348	0.386	0.422	0.413	0.733	0.733	0.874	0.969	0.845	0.852	0.896	0.954	0.897	0.982	0.986	0.979	0.971	0.981	0.982	0.980
Andalucía	0.867	0.882	0.874	0.839	0.365	0.412	0.431	0.413	0.695	0.626	0.720	0.776	0.887	0.937	0.939	0.953	0.948	0.979	0.983	0.982	0.970	0.977	0.978	0.980
Aragón	0.829	0.828	0.843	0.824	0.327	0.324	0.312	0.307	0.530	0.555	0.531	0.548	0.829	0.907	0.941	0.957	0.897	0.948	0.972	0.979	0.975	0.983	0.985	0.986
Asturias	0.802	0.812	0.795	0.792	0.272	0.271	0.289	0.293	0.475	0.464	0.445	0.461	0.862	0.904	0.909	0.951	0.963	0.981	0.985	0.986	0.971	0.978	0.979	0.984
Baleares	0.884	0.910	0.879	0.872	0.287	0.317	0.318	0.356	0.483	0.467	0.558	0.534	0.834	0.877	0.853	0.903	0.899	0.985	0.958	0.966	0.986	0.986	0.986	0.988
Canarias	0.908	0.964	0.928	0.893	0.353	0.369	0.405	0.358	0.526	0.570	0.689	0.683	0.881	0.896	0.949	0.944	0.903	0.970	0.975	0.974	0.975	0.986	0.984	0.985
Cantabria	0.761	0.792	0.825	0.830	0.270	0.283	0.345	0.356	0.383	0.343	0.455	0.459	0.844	0.896	0.924	0.967	0.898	0.939	0.972	0.969	0.974	0.984	0.985	0.986
Castilla y León	0.827	0.801	0.789	0.774	0.299	0.324	0.322	0.366	0.488	0.518	0.531	0.555	0.898	0.923	0.938	0.969	0.899	0.961	0.965	0.969	0.975	0.971	0.973	0.977
Castilla-M.	0.821	0.798	0.807	0.765	0.357	0.363	0.361	0.342	0.715	0.679	0.785	0.874	0.825	0.869	0.927	0.927	0.934	0.975	0.962	0.962	0.967	0.970	0.978	0.977
Cataluña	0.886	0.887	0.890	0.853	0.354	0.332	0.369	0.361	0.597	0.580	0.640	0.680	0.885	0.929	0.945	0.965	0.934	0.950	0.979	0.981	0.976	0.983	0.986	0.986
Extremadura	0.792	0.786	0.798	0.775	0.299	0.330	0.352	0.306	0.407	0.747	0.705	0.700	0.794	0.831	0.833	0.857	0.909	0.982	0.967	0.974	0.963	0.956	0.966	0.973
Galicia	0.839	0.799	0.790	0.770	0.301	0.297	0.312	0.303	0.676	0.699	0.696	0.748	0.853	0.901	0.920	0.953	0.907	0.966	0.971	0.963	0.975	0.971	0.967	0.978
Madrid	0.942	0.949	0.946	0.900	0.317	0.290	0.283	0.282	0.466	0.557	0.602	0.579	0.903	0.942	0.966	0.977	0.896	0.956	0.977	0.982	0.984	0.987	0.988	0.989
Murcia	0.938	0.920	0.914	0.869	0.343	0.374	0.445	0.397	0.903	0.727	0.880	0.925	0.834	0.846	0.869	0.924	0.951	0.977	0.977	0.976	0.978	0.983	0.981	0.979
Navarra	0.867	0.870	0.878	0.849	0.342	0.336	0.359	0.353	0.410	0.557	0.588	0.563	0.894	0.909	0.951	0.967	0.935	0.986	0.964	0.968	0.979	0.983	0.986	0.985
Rioja	0.929	0.977	0.915	0.956	0.298	0.379	0.382	0.381	0.470	0.656	0.748	0.660	0.965	0.982	0.977	0.988	0.963	0.982	0.977	0.965	0.985	0.983	0.985	0.987
Valencia	0.910	0.916	0.877	0.848	0.351	0.334	0.362	0.334	0.626	0.697	0.727	0.778	0.864	0.914	0.909	0.940	0.955	0.983	0.975	0.974	0.977	0.982	0.982	0.982
Pais Vasco	0.830	0.855	0.857	0.850	0.341	0.376	0.412	0.404	0.685	0.681	0.804	0.906	0.868	0.891	0.931	0.967	0.921	0.979	0.982	0.977	0.983	0.987	0.988	0.987

* El primer bloque recoge las estimaciones con las infraestructuras y el segundo sin ellas.

Cuadro 4. Eficiencias Sectoriales por CCAA, (DEA)

SECTOR	Total				Agricultura				Energía				Industria				Construcción				Servicios D.V.			
	REGION	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990	1995	1980	1985	1990
Andalucía	0.994	1	0.998	0.987	0.855	1	0.954	0.81	1	0.824	0.947	1	0.963	1	0.923	0.93	0.757	1	0.952	0.956	1	1	0.991	0.99
Aragón	0.818	0.862	0.781	0.839	0.623	0.654	0.525	0.498	0.484	0.452	0.346	0.32	0.708	0.849	0.901	0.941	0.633	0.73	0.81	0.929	0.908	0.981	0.962	0.957
Asturias	0.637	0.659	0.625	0.65	0.493	0.392	0.394	0.362	0.638	0.561	0.455	0.375	0.686	0.781	0.783	0.838	0.717	0.864	0.941	0.955	0.721	0.77	0.766	0.826
Baleares	0.815	0.868	0.784	0.818	0.66	0.723	0.683	1	0.237	0.222	0.354	0.256	0.7	0.953	0.535	0.632	0.527	0.971	0.701	0.678	0.962	0.945	0.903	0.966
Canarias	0.869	0.956	0.875	0.809	0.851	0.784	0.852	0.591	0.31	0.407	0.639	0.556	0.608	0.726	0.671	0.616	0.588	0.777	0.781	0.78	0.829	0.957	0.848	0.849
Cantabria	0.595	0.718	0.682	0.766	0.465	0.487	0.641	0.683	0.137	0.109	0.2	0.205	0.666	0.755	0.661	0.792	0.524	0.599	0.739	0.706	0.765	0.923	0.883	0.908
Castilla y León	0.83	0.748	0.715	0.774	0.445	0.527	0.502	0.767	0.586	0.775	0.649	0.581	0.845	0.875	0.896	1	0.606	0.784	0.768	0.832	0.87	0.81	0.792	0.828
Castilla-M.	0.839	0.816	0.776	0.709	0.83	0.932	0.84	0.724	1	0.82	0.924	1	0.776	0.802	0.889	0.831	0.665	0.881	0.752	0.8	0.836	0.865	0.844	0.822
Cataluña	0.983	0.951	1	1	0.598	0.506	0.766	0.748	0.825	0.869	0.957	1	0.991	0.932	1	1	0.67	0.689	0.865	0.943	0.836	0.948	0.99	1
Extremadura	1	1	0.787	0.836	1	1	0.854	0.523	1	1	0.815	0.725	1	1	0.856	0.871	0.599	0.948	0.731	0.842	1	1	0.814	0.785
Galicia	0.912	0.793	0.735	0.641	0.57	0.505	0.483	0.389	0.79	0.847	0.738	0.83	0.794	0.852	0.889	0.914	0.582	0.791	0.775	0.751	0.893	0.796	0.752	0.784
Madrid	0.962	0.948	1	1	1	0.792	0.711	0.501	0.292	0.537	0.579	0.506	0.869	0.91	0.988	1	0.631	0.814	0.921	1	0.895	0.958	1	1
Murcia	1	0.933	0.894	0.769	1	0.875	0.997	0.724	1	0.684	0.985	1	0.777	0.792	0.757	0.732	0.679	0.836	0.8	0.779	0.92	0.951	0.853	0.776
Navarra	1	0.846	0.83	0.814	1	0.624	0.727	0.706	1	0.646	0.572	0.397	0.822	0.761	0.865	0.94	0.598	1	0.672	0.735	1	0.923	0.977	0.867
Rioja	1	1	0.874	1	0.554	0.827	0.829	0.847	1	0.792	1	0.92	0.915	1	0.835	1	0.703	0.87	0.788	0.668	1	0.915	0.912	1
Valencia	1	0.983	0.89	0.818	0.835	0.582	0.604	0.518	0.479	0.674	0.745	0.779	0.89	0.948	0.903	0.893	0.719	0.966	0.8	0.789	0.871	0.939	0.912	0.902
Pais Vasco	0.69	0.74	0.748	0.795	0.586	0.653	0.862	0.879	0.577	0.582	0.8	1	0.688	0.708	0.808	0.971	0.573	0.82	0.866	0.845	0.837	0.938	1	0.929
Andalucía	0.806	0.807	0.853	0.818	0.771	0.931	0.954	0.81	0.601	0.44	0.609	0.651	0.493	0.587	0.59	0.629	0.631	0.824	0.917	0.85	0.683	0.731	0.732	0.757
Aragón	0.669	0.677	0.71	0.706	0.489	0.495	0.517	0.498	0.291	0.29	0.267	0.259	0.432	0.53	0.579	0.677	0.547	0.65	0.731	0.834	0.726	0.831	0.86	0.881
Asturias	0.621	0.64	0.618	0.65	0.489	0.392	0.394	0.362	0.468	0.403	0.328	0.275	0.519	0.593	0.624	0.72	0.697	0.861	0.941	0.954	0.69	0.741	0.75	0.823
Baleares	0.781	0.838	0.778	0.817	0.495	0.563	0.611	1	0.232	0.221	0.352	0.251	0.528	0.669	0.498	0.543	0.523	0.971	0.701	0.677	0.93	0.918	0.896	0.956
Canarias	0.863	0.951	0.872	0.809	0.833	0.784	0.851	0.591	0.276	0.371	0.576	0.459	0.483	0.517	0.649	0.612	0.527	0.724	0.771	0.733	0.778	0.917	0.837	0.844
Cantabria	0.554	0.612	0.682	0.766	0.412	0.428	0.612	0.683	0.114	0.087	0.174	0.175	0.499	0.578	0.614	0.774	0.524	0.599	0.739	0.706	0.71	0.864	0.864	0.89
Castilla y León	0.705	0.627	0.61	0.596	0.429	0.455	0.48	0.767	0.238	0.252	0.26	0.265	0.529	0.547	0.578	0.732	0.524	0.668	0.683	0.7	0.725	0.673	0.683	0.717
Castilla-M.	0.672	0.616	0.64	0.572	0.595	0.658	0.74	0.71	0.542	0.505	0.778	1	0.459	0.498	0.584	0.54	0.593	0.774	0.671	0.68	0.658	0.669	0.735	0.735
Cataluña	0.928	0.909	1	1	0.598	0.506	0.766	0.748	0.339	0.319	0.428	0.488	0.527	0.579	0.605	0.696	0.594	0.632	0.819	0.826	0.731	0.833	0.886	0.886
Extremadura	0.639	0.599	0.614	0.581	0.419	0.502	0.563	0.4	0.197	0.962	0.789	0.697	0.44	0.444	0.424	0.434	0.542	0.876	0.722	0.741	0.68	0.596	0.632	0.668
Galicia	0.79	0.685	0.641	0.577	0.569	0.504	0.483	0.389	0.521	0.538	0.506	0.567	0.503	0.56	0.584	0.603	0.543	0.705	0.734	0.662	0.718	0.678	0.64	0.714
Madrid	0.936	0.937	1	1	0.973	0.781	0.711	0.501	0.214	0.399	0.409	0.317	0.57	0.63	0.684	0.796	0.553	0.747	0.822	0.917	0.871	0.944	1	1
Murcia	0.958	0.873	0.843	0.752	0.826	0.74	0.984	0.719	0.968	0.582	0.953	1	0.481	0.491	0.512	0.547	0.643	0.804	0.794	0.755	0.761	0.838	0.776	0.76
Navarra	0.744	0.751	0.775	0.753	0.617	0.54	0.693	0.696	0.131	0.28	0.326	0.293	0.512	0.521	0.612	0.753	0.591	1	0.672	0.735	0.778	0.828	0.899	0.846
Rioja	1	1	0.874	1	0.463	0.827	0.829	0.847	0.275	0.562	0.822	0.425	0.788	1	0.816	1	0.703	0.87	0.788	0.668	0.897	0.835	0.85	0.935
Valencia	0.896	0.884	0.787	0.788	0.835	0.582	0.604	0.518	0.406	0.543	0.594	0.68	0.522	0.587	0.56	0.574	0.657	0.895	0.772	0.746	0.76	0.828	0.807	0.82
Pais Vasco	0.69	0.74	0.748	0.795	0.586	0.653	0.862	0.879	0.507	0.5	0.75	1	0.501	0.535	0.615	0.765	0.573	0.82	0.866	0.845	0.834	0.934	0.984	0.927

* El primer bloque recoge las estimaciones con las infraestructuras y el segundo sin ellas.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se han empleado aproximaciones fronteras para estudiar el papel de los equipamientos de infraestructura y la eficiencia técnica como factores determinantes del crecimiento económico regional. Este análisis se ha realizado tanto para el agregado de la economía como a escala regional y sectorial y para el periodo 1980-95, lo que nos ha permitido ampliar los resultados en este ámbito.

Los resultados han confirmado la contribución positiva de las infraestructuras productivas a la productividad privada regional, y muestran que sus efectos varían entre los sectores, así mientras que en el sector industrial y de servicios no destinados a la venta se establece un efecto positivo y significativo, en el resto de sectores esta relación no es tan clara. Además, la incorporación del capital público en el análisis de la eficiencia técnica supuso mejoras en los resultados obtenidos por los sectores regionales, lo cual sugiere que el incremento de estos equipamientos podría ser una vía para incrementar los niveles de eficiencia en el uso de los factores productivos.

En cuanto a los resultados extraídos en el análisis de la eficiencia productiva cabe destacar la existencia de diferencias en los niveles de eficiencia sectorial, a la vez que importantes desigualdades regionales. Así podemos comprobar que regiones como Asturias que obtienen reducidos niveles de eficiencia en sus sectores productivos frente al País Vasco, que consigue mayores niveles e importantes avances en la eficiencia en los años de nuestro estudio. La utilización de los enfoques paramétricos y no paramétricos en este trabajo ha conducido, en general, a similares resultados respecto a las regiones y sectores más ineficientes a lo largo del periodo 1980-1995.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez I. y Delgado M.J. (1999) *Las infraestructuras productivas en España y su distribución regional: Una propuesta de estimación en unidades físicas*, Documento de trabajo del Instituto Universitario Ortega y Gasset, Serie Economía de Europa Nº 0199, Fundación Ortega y Gasset, Madrid.
- Aschauer D. (1989a): "Is Public Expenditure Productive?", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 23, Nº 2, pp. 177-200.
- Aschauer D. (1989b) "*Public investment and productivity growth in the Group of Seven*", *Economic Perspectives*, 13(5), 17-25.
- Banker, R.D., Charnes, A. y Cooper, W.W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30, págs. 1078-1092.
- Beeson, E. y Husted, S. (1989): "Patterns and Determinants of Productive Efficiency in State Manufacturing", *Journal of Regional Science*, vol. 29, págs. 15-28.
- Coelli, T.J. (1997): "A Multi-Stage Methodology for the Solution of Orientated DEA Models", mimeo, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale.
- Cordero G. y Gayoso A. (1996): *El comportamiento de las economías regionales en tres ciclos de la economía española: primera explotación de una serie (1980-1995) del VAB regional a precios constantes (base 1986)*. Contabilidad Regional de España, Dirección General de Análisis y Programación Presupuestaria, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- Cornwell, C.P., Schmidt, P. y Sickles, R.C. (1990): "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels", *Journal of Econometrics*, 46, págs. 185-200.
- Delgado M.J. (1998) *El Capital Público en la Economía Española*, Serie Estudios Europeos Nº 9, Madrid, Universidad Europea-CEES Ediciones, Madrid.
- Färe, R. y Lovell, C.A. (1978): "Measuring the Technical Efficiency of Production", *Journal of Economic Theory*, 19, págs. 150-162.
- Färe, R., Grosskopf S., Norris M. Y Zhang (1994): "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries", *American Economic Review*, 84, págs. 66-83.
- Farrell, M.J. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of Royal Statistical Society*, ACXX, Part 3, págs. 253-290.

- Fecher, F. y Perelman, S. (1992): "Productivity Growth and Technical Efficiency in OECD Industrial Activities" en Caves, R.E. (ed.) *Industrial Efficiency in Six Nations*, The MIT Press, págs. 459-488.
- Ferrier, G.D. y Lovell, C.A. (1990): "Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometrics and Linear Programming Evidence", *Journal of Econometrics*, 46, págs. 229-245.
- Fundación BBV (1997) *El stock de capital en la economía española*, Bilbao.
- Grosskopf, S. (1993) Efficiency and Productivity en *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Fried, H. Lovell C. y Schmidt S. (Eds), Oxford, Oxford University Press, pp. 160-194.
- Gumbau Albert, M. (1998): "La Eficiencia Técnica de la Industria Española", *Revista Española de Economía*, 5, nº1, págs. 67-84.
- Gumbau Albert, M. y Maudos, J. (1996): Eficiencia Productiva Sectorial en las Regiones Españolas: Una Aproximación Frontera", *Revista Española de Economía*, Vol. 13, nº2, págs. 239-260.
- Lovell, C. (1993): "Production Frontiers and Productive Efficiency", en Fried, H.O., Lovell, C. y Schmidt S. (eds.) *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford: Oxford University Press, págs. 3-67.
- Mas M., Maudos J., Pérez F. y Uriel E. (1994a): "Competitividad, productividad industrial y dotaciones de capital público", *Papeles de Economía Española*, Nº 56, pp. 144-160.
- Mas M., Maudos J., Pérez F. y Uriel E. (1994b) "Capital Público y Productividad de la economía española", *Moneda y Crédito*, 198, 163-192.
- Maudos J. y Pastor J.M. (1999): Eficiencia en Costes y Beneficios en el Sector Bancario Español (1985-1996): Una aproximación no paramétrica"
- Maudos, J. (1996): "Eficiencia, Cambio Técnico y Productividad en el Sistema Bancario Español: una Aproximación de Frontera Estocástica", *Investigaciones Económicas*, Vol. XX(3), págs. 339-358.
- Perelman, S. (1995): "R&D Technological Progress and Efficiency Change in Industrial Activities", *Review of Income and Wealth*, 41 (3), págs. 349-366.
- Prior, D. (1990): "La Productividad Industrial de las Comunidades Autónomas", *Investigaciones Económicas*, Vol. XIV (2), págs. 257-267.
- Seiford, L.M. y Thrall, R.M. (1990): "Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, 46, págs. 7-38.