

# ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR INDUSTRIAL ESPAÑOL

Pedraja Chaparro, Francisco  
Ramajo Hernández, Julián  
Salinas Jiménez, Javier

*Departamento de Economía Aplicada  
Universidad de Extremadura*

## **Resumen**

El objetivo del presente trabajo es analizar cómo ha evolucionado la productividad del sector industrial español en cada una de las Comunidades Autónomas durante el período 1980-1992. Con esta finalidad se estima la eficiencia técnica del sector industrial en las distintas regiones utilizando métodos no-paramétricos; a partir de los resultados obtenidos se construyen índices de productividad de Malmquist, analizando en qué medida los cambios de productividad son debidos al progreso técnico y en qué parte vienen motivados por mejoras en la eficiencia.

## 1.- Introducción

En los últimos años se ha producido un notable esfuerzo, en el ámbito de la literatura económica, para medir la eficiencia con la que actúan las unidades económicas y analizar las variaciones en su productividad. Prueba de ello es la ingente cantidad de trabajos desarrollados sobre el tema tanto a nivel micro (eficiencia y productividad de unidades productivas) como macroeconómico (estudios relativos a sectores, regiones o países). En esta línea de investigación, nuestro trabajo se centra en las variaciones en los niveles de productividad que se han producido, durante el periodo 1980-1992, en el sector industrial español. Para ello, además de considerar los inputs clásicos (mano de obra y stock de capital privado), incluimos las dotaciones de capital público productivo como un factor que puede ser relevante a la hora de explicar las ganancias o pérdidas de productividad que se han producido en este sector en cada una de las Comunidades Autónomas de nuestro país<sup>1</sup>.

Con la finalidad de medir las variaciones en la productividad, hemos utilizado una aproximación no-paramétrica - el análisis envolvente de datos (DEA)- y, a partir de los resultados obtenidos, hemos calculado índices de productividad del sector industrial para cada una de las regiones españolas. Los índices de productividad de Malmquist, utilizados en este trabajo, ofrecen la ventaja de que pueden ser descompuestos para analizar en qué medida los cambios de productividad son debidos al progreso técnico y en qué parte vienen motivados por mejoras en la eficiencia técnica.

---

<sup>1</sup> En Pedraja *et al.* (1999) se analiza el impacto de dichas infraestructuras sobre la función de producción de los distintos subsectores industriales, mostrándose en casi todos ellos significativo.

La comunicación que presentamos se estructura de la siguiente forma. En primer lugar describimos el índice de productividad utilizado y los componentes del mismo. A continuación se describen las fuentes de datos utilizadas y se realiza una discusión de los principales resultados empíricos obtenidos.

## 2.- Índices de Productividad de Malmquist

En este trabajo, utilizamos los índices de productividad propuestos por Färe et al (1994). Estos índices permiten estimar las variaciones en los niveles de productividad como la media geométrica de dos índices de Malmquist<sup>2</sup> y tienen la ventaja de que permiten descomponer el índice de productividad en dos partes que miden las variaciones en el nivel de eficiencia técnica, por un lado, y los cambios debidos al progreso técnico, por otro.

Para definir dichos índices de productividad, asumimos que podemos expresar la tecnología de producción,  $S^t$ , para cada periodo de tiempo,  $t$ , ( $t = 1, \dots, T$ ) como:

$$S^t = \{(X^t, Y^t) : X^t \text{ puede producir } Y^t\} \quad (1)$$

donde  $X^t$  e  $Y^t$  representan el vector de inputs y el vector de outputs, respectivamente.

Se asume que la tecnología de producción satisface ciertos axiomas<sup>3</sup> que permiten definir la función distancia (en términos de output)<sup>4</sup> en el periodo  $t$  como:

$$D_o^t(X^t, Y^t) = \inf \{q : (X^t, Y^t/q) \in S^t\} \quad (2)$$

<sup>2</sup> Índices propuestos por Caves, Christensen y Diewert (1982), basados en el trabajo de Malmquist (1953).

<sup>3</sup> Véase Shephard (1970) o Färe (1988) para un análisis de dichos axiomas.

<sup>4</sup> El subíndice  $o$  indica que la función distancia está definida en términos de outputs. El análisis que se realiza a continuación y los índices de productividad desarrollados podrían realizarse, de forma similar, en términos de inputs. Véase, en este sentido, Grosskopf (1993).

Esta función permite una caracterización completa de la tecnología de producción, satisfaciendo ciertas propiedades, entre las que destacan que es una función homogénea de grado uno. Nótese que  $(X^t, Y^t) \in S^t$  si y sólo si  $D_o^t(X^t, Y^t) \leq 1$ .

Con la finalidad de construir un índice de productividad de Malmquist, siguiendo el trabajo seminal de Caves, Christensen y Diewert (1982), es necesario relacionar el vector de inputs-outputs de un periodo de tiempo  $t$ ,  $(X^t, Y^t)$ , con la tecnología de producción del periodo siguiente,  $S^{t+1}$ . De esta forma es posible definir:

$$D_o^{t+1}(X^t, Y^t) = \inf \{ \theta : (X^t, Y^t / \theta) \in S^{t+1} \} \quad (3)$$

De forma similar, puede definirse  $D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})$ ; en este caso, el vector de inputs-outputs del periodo  $t+1$  se compara con la tecnología de producción del periodo anterior. Evidentemente, en presencia de progreso técnico  $(X^{t+1}, Y^{t+1}) \notin S^t$  y  $D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1}) > 1$ .

A partir de los conceptos anteriores, Färe *et al* (1994) define el siguiente índice de productividad de Malmquist:

$$M_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[ \frac{D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^t(X^t, Y^t)} \frac{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

Puede apreciarse fácilmente que este índice de productividad es la media geométrica de dos índices de productividad de Malmquist<sup>5</sup>. El primero toma como tecnología de referencia la correspondiente al año  $t$ , mientras que el segundo adopta como tecnología de referencia la correspondiente al año  $t+1$ ; de este modo se evita tener que realizar una elección arbitraria de una u otra tecnología como base de referencia.

Este índice puede ser reescrito como:

$$M_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \frac{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^t(X^t, Y^t)} \left[ \frac{D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \frac{D_o^t(X^t, Y^t)}{D_o^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2}$$

$$\text{o} \quad M = E \times P \quad (5)$$

donde  $E$  representa la variación en los niveles de eficiencia:

$$E = \frac{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^t(X^t, Y^t)} \quad (6)$$

y  $P$  recoge los cambios en los niveles de productividad debidos al progreso técnico:

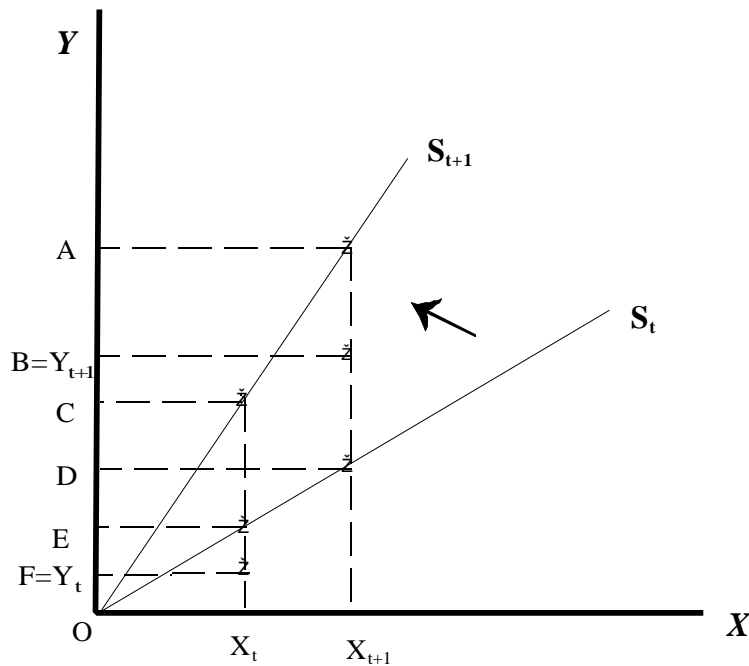
$$P = \left[ \frac{D_o^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \frac{D_o^t(X^t, Y^t)}{D_o^{t+1}(X^t, Y^t)} \right]^{1/2} \quad (7)$$

El análisis precedente puede ilustrarse gráficamente mediante la figura 1, que puede ser útil para explicar los índices anteriores de forma más intuitiva. El primer

---

<sup>5</sup> El índice de productividad construido por Färe *et aliter* (1994) es ligeramente diferente del propuesto por Caves, Christensen y Diewert (1982), ya que además de ser la media geométrica de dos índices de Malmquist, en su trabajo inicial estos autores asumían que  $D_o^t(X^t, Y^t)$  y  $D_o^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})$  eran iguales a 1; es decir, suponían que no existía ineficiencia técnica.

término (E) refleja la variación producida en los niveles de eficiencia técnica entre el periodo  $t$  ( $OF/OE$ ) y el periodo  $t+1$  ( $OB/OA$ ). El segundo término (P) es la media geométrica de dos ratios que recogen los desplazamientos que se han producido en la frontera de producción, medidos en el periodo  $t+1$  ( $OA/OD$ ) y en el periodo  $t$  ( $OC/OE$ ).



Para calcular la ecuación (5) es necesario estimar las cuatro funciones distancia que aparecen en ella, lo cual puede hacerse mediante el análisis envolvente de datos (DEA)<sup>6</sup>. De esta forma es posible estimar la distancia a la frontera de producción (o eficiencia técnica en sentido de Farrell) mediante la resolución de cuatro problemas de programación lineal. Así, si asumimos la existencia de rendimientos constantes de escala, la función  $D_o^t(X^t, Y^t)$  podría ser estimada resolviendo el problema:

$$\left[ D_o^t (X_t, Y_t) \right]^{-1} = \max_{\phi, \lambda} \phi$$

$$\begin{aligned} \text{sujeto a} \quad & -\phi y_{i,t} + Y_t \lambda \geq 0 \\ & x_{i,t} - X_t \lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{6.1}$$

Los tres problemas de programación lineal restantes son variaciones del anterior:

$$\left[ D_o^{t+1} (X_{t+1}, Y_{t+1}) \right]^{-1} = \max_{f, I} f$$

$$\begin{aligned} \text{sujeto a} \quad & -f y_{i,t+1} + Y_{t+1} I \geq 0 \\ & x_{i,t+1} - X_{t+1} I \geq 0 \\ & I \geq 0 \end{aligned} \tag{6.2}$$

$$\left[ D_o^t (X_{t+1}, Y_{t+1}) \right]^{-1} = \max_{f, I} f$$

$$\begin{aligned} \text{sujeto a} \quad & -f y_{i,t+1} + Y_t I \geq 0 \\ & x_{i,t+1} - X_t I \geq 0 \\ & I \geq 0 \end{aligned} \tag{6.3}$$

$$\left[ D_o^{t+1} (X_t, Y_t) \right]^{-1} = \max_{f, I} f$$

$$\begin{aligned} \text{sujeto a} \quad & -f y_{i,t} + Y_{t+1} I \geq 0 \\ & x_{i,t} - X_{t+1} I \geq 0 \\ & I \geq 0 \end{aligned} \tag{6.4}$$

Puede observarse que, en los problemas (6.3) y (6.4), se están efectuando comparaciones utilizando observaciones de un periodo tomando como base de referencia

---

<sup>6</sup> Modelo propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) basado en las medidas de eficiencia de Farrell (1957).

la frontera de producción correspondiente al otro periodo. En estos casos el valor de  $\theta$  no tiene porque ser necesariamente mayor o igual que uno, como ocurre cuando calculamos la eficiencia técnica utilizando datos de sección cruzada. Así, en la ecuación (6.3) se está comparando una observación del periodo  $t+1$  con respecto a la frontera de producción del periodo anterior; si ha existido progreso técnico, dicha observación puede estar situada por encima de la frontera de producción, con lo que el valor de  $\theta$  sería menor que uno<sup>7</sup>.

### **3.- Datos y Resultados Empíricos**

#### **3.1.- Datos**

Para calcular las variaciones en los niveles de productividad, mediante los índices descritos en la sección precedente, se ha recogido información tanto del output del sector industrial, medido en términos de valor añadido, como de los inputs empleados en el proceso productivo. En este sentido, además de considerar los inputs privados clásicos (mano de obra y stock de capital privado), hemos incluido las dotaciones de capital público como factor que puede haber desempeñado un papel importante para explicar el ritmo de crecimiento de la productividad total de los factores. Teniendo en cuenta los resultados encontrados para el caso español en Mas et al. (1993), sólo hemos considerado el conjunto de infraestructuras directamente relacionadas con la actividad

---

<sup>7</sup> Lo mismo podría ocurrir en la ecuación (6.4) en el caso, más improbable, de que existiera un retroceso en la tecnología de producción.



productiva (infraestructuras de transporte, hidráulicas y urbanas) no habiéndose tenido en cuenta las dotaciones de infraestructura social (educación y sanidad)<sup>8</sup>.

El nivel de producción, medido a través de la evolución del valor añadido bruto a precios de mercado (VABpm) en pesetas constantes de 1990, se ha obtenido del trabajo de Cordero y Gayoso (1996)<sup>9</sup>. En relación a los inputs, las series correspondientes al empleo (número de empleados) proceden, para el período 1980-1989, de la serie homogénea de la Contabilidad Regional del INE (1993). Los datos para el período 1990-1992 se han obtenido de la correspondiente publicación de Contabilidad Regional realizada por el INE (1996). En cuanto a los datos sobre stock de capital público y privado, se han utilizado las series de la Fundación BBV/IVIE (Fundación BBV, 1996). En el caso del stock de capital público, se han agrupado en una única magnitud las cifras correspondientes a infraestructuras públicas productivas (transporte, urbanas e hidráulicas) excluyendo, como indicamos anteriormente, las dotaciones de infraestructuras sociales.

### **3.2 Resultados empíricos**

Puesto que el componente básico del índice de Malmquist está relacionado con la medición de la eficiencia productiva, en la Tabla 1 mostramos los niveles de eficiencia técnica calculados para el conjunto del sector industrial en cada una de las diecisiete

---

<sup>8</sup> Para una descripción más detallada de las variables utilizadas y de la función de producción subyacente, véase Pedraja *et al.* (1999).

<sup>9</sup> En dicho trabajo aparecen los valores añadidos en pesetas constantes de 1986. Tras solicitar a los autores las series originales en pesetas corrientes y constantes de 1986, se procedió a un cambio de base al año 1990, para hacer las cifras compatibles con las utilizadas para el stock de capital público y privado.

Comunidades Autónomas españolas, en los años 1980, 1984, 1988 y 1992. Valores inferiores a uno indican que el sector industrial de la región considerada está por debajo de la frontera de producción, es decir, que es ineficiente en sentido técnico. Nótese que en este primer análisis se ha construido la frontera de producción año a año, con lo cual no es posible realizar comparaciones interanuales de los niveles de eficiencia estimados.

**Tabla 1: Estimación de los niveles de eficiencia técnica (DEA)**

	1980	1984	1988	1992	Media 1980-1992
Andalucía	0.875	0.981	0.940	0.693	0,894
Aragón	0.643	0.906	0.849	0.682	0,778
Asturias	1.000	0.964	0.987	0.757	0,910
Baleares	0.671	1.000	0.985	0.645	0,749
Canarias	0.780	0.919	1.000	0.764	0,841
Cantabria	0.902	0.993	1.000	0.787	0,784
Castilla León	0.876	0.697	0.894	0.732	0,827
Castilla La Mancha	0.611	0.582	0.831	0.669	0,716
Cataluña	1.000	1.000	1.000	1.000	0,996
C. Valenciana	0.836	0.993	0.812	0.713	0,854
Extremadura	0.558	0.426	0.588	0.506	0,511
Galicia	0.810	0.907	0.846	0.622	0,760
Madrid	1.000	1.000	1.000	1.000	0,998
Murcia	0.616	1.000	0.664	0.623	0,696
Navarra	0.911	0.888	0.886	0.737	0,850
País Vasco	0.976	0.877	1.000	0.743	0,953
La Rioja	0.971	0.870	1.000	0.687	0,883
<i>Media</i>	<i>0.827</i>	<i>0.890</i>	<i>0.978</i>	<i>0.745</i>	<i>0,824</i>

Puede apreciarse que Madrid y Cataluña son las regiones cuyos sectores industriales alcanzan unos niveles mayores de eficiencia técnica. En sentido contrario, Extremadura y Castilla La Mancha son las regiones con menores niveles de eficiencia productiva.

En la Tabla 2 se recogen las medias anuales de los índices de productividad calculados para el conjunto de las 17 Comunidades Autónomas, así como sus distintos componentes. Un índice de productividad de Malmquist superior a uno indica un incremento en la productividad total de los factores en el periodo considerado; por el contrario, índices inferiores a la unidad ponen de manifiesto que se ha producido un retroceso en los niveles de productividad. Puede observarse que la productividad total de los factores, medida por el índice de Malmquist, ha crecido en el período 1980-1992 a un promedio del 2,1% anual y que dicho incremento tiene su origen exclusivamente en el cambio tecnológico. De hecho, los niveles de eficiencia técnica sufren un ligero descenso (0,8% anual) durante el periodo considerado debido tanto a disminución de la eficiencia técnica pura como de la eficiencia de escala.

**Tabla 2: Sumario de medias anuales**

Año	① eficiencia técnica	① tecnológico	① eficiencia pura	① eficiencia de escala	Índice de productividad de Malmquist
1980-1981	0.811	1.239	0.940	0.862	1.004
1981-1982	1.085	0.966	1.019	1.065	1.048
1982-1983	1.098	0.907	1.053	1.043	0.996
1983-1984	1.109	0.911	1.035	1.071	1.010
1984-1985	1.016	1.073	0.974	1.043	1.090
1985-1986	0.964	1.003	0.990	0.974	0.967
1986-1987	1.053	1.031	1.003	1.050	1.086
1987-1988	0.991	1.019	0.986	1.005	1.010
1988-1989	1.007	1.009	1.042	0.967	1.017
1989-1990	0.943	1.036	0.958	0.984	0.977
1990-1991	0.973	1.059	0.975	0.997	1.030
1991-1992	0.892	1.142	1.004	0.889	1.019
<i>Media</i>	<i>0.992</i>	<i>1.029</i>	<i>0.998</i>	<i>0.994</i>	<i>1.021</i>

En la Tabla 3 se muestra el comportamiento del sector industrial de las diecisiete Comunidades Autónomas, calculando el promedio de los índices de crecimiento obtenidos para cada uno de los años del periodo 1980-1992.

**Tabla 3: Descomposición del Índice de Malmquist (período 1980-1992).**

	① eficiencia técnica	① tecnológico	① eficiencia pura	① eficiencia de escala	Índice de productividad de Malmquist
Andalucía	0.981	1.030	0.991	0.989	1.010
Aragón	1.005	1.030	1.007	0.998	1.035
Asturias	0.977	1.016	0.988	0.989	0.993
Baleares	0.997	1.009	1.000	0.997	1.005
Canarias	0.998	1.030	1.000	0.998	1.028
Cantabria	0.989	1.038	0.992	0.996	1.026
Castilla León	0.985	1.058	0.991	0.995	1.043
Castilla La Mancha	1.008	1.047	1.006	1.002	1.055
Cataluña	1.000	0.986	1.000	1.000	0.986
C. Valenciana	0.987	1.071	0.988	0.999	1.056
Extremadura	0.992	1.038	1.000	0.992	1.029
Galicia	0.978	1.025	1.005	0.973	1.003
Madrid	1.000	1.025	1.000	1.000	1.025
Murcia	1.001	0.995	1.002	0.999	0.996
Navarra	0.982	1.030	0.995	0.987	1.012
País Vasco	0.977	1.040	0.997	0.980	1.017
La Rioja	1.000	1.034	1.000	1.000	1.034
<i>Media</i>	<i>0.992</i>	<i>1.029</i>	<i>0.998</i>	<i>0.994</i>	<i>1.021</i>

De los índices calculados se desprende que las regiones cuyo sector industrial ha experimentado un crecimiento mayor en la productividad total de los factores son la Comunidad Valenciana y Castilla La Mancha (5,6% y 5,3%, respectivamente). Es precisamente la Comunidad Valenciana la que obtiene el mayor índice de progreso tecnológico de todas las Comunidades Autónomas. En el caso de Castilla La Mancha,

aunque el índice de progreso técnico es inferior al de Valencia, la productividad total de los factores se ve reforzada por el incremento en el nivel de eficiencia registrado durante el periodo considerado. En el extremo contrario destacan Cataluña, Asturias y Murcia cuyos niveles de productividad han experimentado un ligero descenso a lo largo del período 1980-1992.

Los resultados obtenidos deben ser examinados con cautela. Por un lado, las variables utilizadas (capital público, capital privado y empleo) adolecen de unos importantes niveles de agregación. Por otra parte, el análisis se ha desarrollado para el conjunto del sector industrial. En este sentido, los índices de Malmquist utilizados en este trabajo podrían ser aplicados para analizar de forma desagregada las variaciones en lo niveles de productividad de cada uno de los subsectores en que puede dividirse el sector industrial.

## Referencias bibliográficas

- Campo, J.A., Cordero, G. y Galloso, A. (1996): "Desagregación espacial del valor añadido: una serie del V.A.B. a precios constantes (base 1986) de las comunidades autónomas españolas (1980-1992)". Subdirección General de Planificación Regional, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid..
- Caves, D.W., Christensen, L.R. y Diewert, W.E. (1982): "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity". *Econometrica*. Vol 50, pp. 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W.W., y Rhodes, E. (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol 2, pp. 429-444.
- Coelli, T. "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Working Paper 96/08. Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England, Australia.
- Cordero, G. y Gayoso, A. (1996): "El comportamiento de las economías regionales en tres ciclos de la economía española: primera explotación de una serie (1980-1993) del VAB regional a precios constantes (base 1986) elaborada a partir de la Contabilidad Regional de España". Dirección General de Análisis y Programación Presupuestaria, Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid.
- Domazlicky, B.R. y Weber, W.L. (!997): "Total Factor Productivity in the Contiguous United States, 1977-1986". *Journal of Regional Science*, vol 37, nº 2. Pp 213-233.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z. (1994): "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialised Countries". *American Economic Review*. Vol 84, pp. 66-83.
- Färe, R. (1988): *Fundamentals of Production Theory*. Berlin: Springer-Verlag.
- Farrell, M. (1957): "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society (A)*, 120 (3), pp. 253-281.
- Fundación BBV (1996): *El «stock» de capital en España y sus Comunidades Autónomas*, 3 Volúmenes, Edición 1996. Fundación BBV, Bilbao.
- Grosskopf, S. (1993): "Efficiency and Productivity". En Fried, Lovell y Schmidt (eds): *The Measurement of Productive Efficiency*. Oxford University Press. Nueva York, pp. 3-67.

- INE (1993): *Contabilidad Regional de España. Base 1986. Serie Homogénea 1980-1989*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- INE (1996): *Contabilidad Regional de España. Base 1986. Serie 1990-1994*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- Malmquist, S. (1953): "Index Numbers and Indifference Curves". *Trabajos de Estadística*. Vol 4, nº 1. Pp 209-242.
- Mas, M., Maudos, J., Pérez, F. y Uriel, E. (1993): "Competitividad, Productividad Industrial y Dotaciones de Capital Público", *Papeles de Economía Española*, nº 56, pp.144-160.
- Pedraja, F., Ramajo, J. y Salinas, J. (1999): "Eficiencia Productiva del Sector Industrial Español: Un Análisis Espacial y Temporal". *Papeles de Economía Española*. Pendiente de publicación (nº 80).
- Prior Jiménez, D. (1990): "La Productividad Industrial de las Comunidades Autónomas", *Investigaciones Económicas*, Vol. XIV, nº 2, pp. 257-267.
- Shephard, R.W. (1970): *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.