

EFICIENCIA Y CAMBIO TÉCNICO EN DEA CON DATOS DE PANEL*

NATALIA ALDAZ
Universitat de Lleida

JOAQUÍN A. MILLAN
Universidad Politécnica de Madrid

En este trabajo se propone una nueva generalización directa de DEA a un panel de observaciones, que permite acotar las medidas de eficiencia y cambio técnico. La metodología se aplica al análisis regional de la industria alimentaria, y los resultados se comparan con los obtenidos mediante el índice de Malmquist. Se estudia la medida de productividad en la aproximación de valor añadido frente al enfoque de producción total. Se sugiere que el sesgo en los resultados de modelos de productividad sectorial basados en valor añadido puede ser importante.

Palabras clave: productividad, DEA, eficiencia, cambio técnico, regiones, industria alimentaria.

Clasificación JEL: D24, L66, O47.

En este trabajo se presenta una nueva metodología de Análisis de la Envolvente de Datos (DEA) para la descomposición de la productividad en componentes de eficiencia y cambio técnico, que considera conjuntamente todas las observaciones de panel en una sola serie de programas. Con ello, se reducen los problemas de pequeñas muestras comparando todas las observaciones, y no sólo las de períodos adyacentes como sucede con el cálculo del índice de Malmquist [Färe et al. (1994,1998)]. Básicamente, con la nueva metodología se generaliza a datos de panel el análisis DEA de serie temporal de Lynde y Richmond (1999).

Un segundo aspecto a considerar en el trabajo es la utilización de funciones de valor añadido, y no de producto total, en los estudios de productividad sectoriales. A priori, no se puede omitir la participación de los consumos intermedios en el análisis de la producción sectorial. Si bien este aspecto ha sido destacado en diversos trabajos sectoriales en el ámbito nacional, como en Goerlich y Orts (1996), no ha sido tenido en cuenta hasta ahora en los análisis regionales [Gumbau-Albert y Maudos (1996), Pedraja et al. (1999), Maudos et al. (1998,2000a,b)]. Segarra y Arcarons (1999) reco-

(*) Este trabajo se ha realizado dentro de los Proyectos SEC98-484 y ALG 2001-3631, de la DGICYT. Los autores agradecen los comentarios de dos revisores anónimos.

nocen que la omisión de consumos intermedios es importante posiblemente, pero la ausencia de deflatores adecuados limita su consideración en la práctica.

Se realiza la aplicación sobre el sector Alimentación bebidas y tabaco (ABT) en las CCAA españolas en el período 1978-1992, comparando los resultados obtenidos mediante dos técnicas no paramétricas de frontera: DEA con datos de panel e índice de Malmquist. Además, se estudia la importancia práctica de la omisión de los consumos intermedios en la especificación de la función de producción. El trabajo se organiza como sigue. En el apartado siguiente se presenta la *metodología* del análisis de productividad basado en DEA con datos de panel. A continuación, se recogen los resultados de la aplicación. Por último, se destacan las principales *conclusiones*.

METODOLOGÍA

La medida de productividad total de los factores (PTF) por medio del residuo de Solow asume eficiencia en producción, rendimientos a escala constantes y equilibrio competitivo de largo plazo, lo que implica que la medida de PTF coincide con el cambio técnico. Sin embargo, puede considerarse que la producción no se realiza con las mejores técnicas disponibles en cada momento, existiendo, por tanto, ineficiencia. En los últimos años, se han desarrollado medidas de productividad que permiten distinguir dos componentes, uno de eficiencia en relación con las mejores técnicas disponibles (“catching-up”) y otro de verdadero cambio técnico.

Färe et al. (1994) adaptan la descomposición realizada en Nishimizu y Page (1982), con una función de producción translog, a un marco no paramétrico mediante el cálculo del índice de Malmquist basado en DEA. Esta técnica caracteriza la estructura de la tecnología de producción eficiente en cada período, y mide la eficiencia de las unidades respecto a la frontera, mediante funciones de distancia que se resuelven por programación lineal. La construcción del índice de Malmquist implica definir las funciones de distancia respecto a dos períodos diferentes de tiempo, y calcular para cada observación la variación de la tecnología en la media geométrica de las distancias en ambos períodos.

La medida del progreso técnico mediante el índice de Malmquist no está exenta de controversias en cuanto a su interpretación. Ray y Desli (1997) critican el supuesto de rendimientos a escala constantes en Färe et al. (1994). Färe et al. (1997) argumentan en favor del supuesto de rendimientos constantes, con el fin de obtener una descomposición única del progreso técnico interpretable como verdadera PTF. Las particularidades de la descomposición de Malmquist en el análisis del progreso técnico se discuten también en Färe et al. (1998) y Grifell-Tatjé et al. (1998). Para la comparación que se realiza en el presente trabajo, se toma como referencia el índice radial construido con rendimientos constantes.

La medida no paramétrica del componente de cambio técnico del índice de Malmquist se está aplicando frecuentemente para medir progreso técnico en muestras relativamente pequeñas. Färe et al. (1994) estudian 17 países de la OCDE. Bureau et al. (1995) comparan la productividad agraria entre los Estados Unidos y los diez primeros países de la Unión Europea. Millán y Aldaz (1998) es-

tudian el sector agrario, Pedraja et al. (1999) el sector industrial, y Maudos et al. (1998,2000a,b) diversos sectores de las 17 CCAA españolas. Un aspecto importante en estas últimas aplicaciones españolas es el estudio de la población completa de unidades productivas, pudiéndose entender la frontera de mejor práctica en un marco institucional preciso.

La utilización del panel completo de observaciones, que apenas se ha considerado en la práctica con la excepción de la interpretación de la eficiencia como estadísticos ordenados en Brockett et al. (1998), resulta interesante por cuatro razones principales. En primer lugar, el panel completo puede aliviar el problema de pequeña muestra. En segundo lugar, es posible una comparación más detallada de las unidades de producción, no limitando la comparación a períodos adyacentes. Tercero, la comparación de cada observación se realiza frente a un mayor número de observaciones con similares ratios de factores, por lo que se pueden considerar en un mismo análisis estructuras de producción diferentes. Finalmente, si la transitividad de las medidas de productividad es una exigencia del análisis, al realizar las comparaciones utilizando todas las observaciones se evitan referencias arbitrarias.

La aproximación que aquí se presenta es una ampliación a datos de panel del modelo DEA con datos de serie temporal de Lynde y Richmond (1999), basado en una especificación monótona no decreciente de progreso técnico. Este modelo permite el cálculo de límites inferior y superior de eficiencia y cambio técnico, aunque no de estimaciones punto, para cada observación en cada período.

Para facilitar la presentación, se considera el modelo DEA basado en input y con un único producto. Se asume el mismo número de observaciones N en cada uno de los T períodos, aunque la metodología se adapta fácilmente a cualquier estructura de panel. Sea $x_{it} \in \mathbb{R}^M$ el vector de M inputs utilizado en la producción en el período t del output escalar $y_{it} \in \mathbb{R}$. El conjunto de TN observaciones que define la tecnología de referencia es el panel completo.

La frontera de producción se define $y_{it} = f(x_{it}^*)$, o, en forma detallada,

$$y_{it} = f(e_{it}, A_{it}, (x_{it} - h_{it})) \quad [1]$$

donde

$0 < e_{it} \leq 1$ es la eficiencia de la unidad productiva i en el período t ;

$0 < A_{it} \leq A_{i\max}$ es el nivel de tecnología de la unidad productiva i en el período t ;

$h_{it} \geq 0$ es un vector de holguras específicas para cada input j , midiendo ineficiencias no radiales de la unidad productiva i en el período t .

Con la resolución de DEA sobre todas las unidades y todos los períodos conjuntamente se identifica un índice radial d_{it} , producto de los niveles de eficiencia y tecnología:

$$d_{it} = e_{it}A_{it} \quad [2]$$

Es posible imponer una estructura adicional sobre el elemento de cambio técnico A_{it} . Lynde y Richmond (1999) asumen progreso técnico no decreciente en su modelo DEA de serie temporal. El supuesto de monotonicidad de progreso técnico

($A_{it} \leq A_{it}$, para $r \leq t$) ha sido frecuente en el análisis no paramétrico de la producción, como en Lim y Shumway (1992). Se basa en considerar que los niveles de tecnología previos están siempre disponibles. Este supuesto debe tenerse en cuenta en la interpretación de las variaciones medidas en cambio técnico y en eficiencia.

En el modelo que aquí se presenta, se calcula el índice de productividad d_{it} por medio de programación lineal, partiendo de una formulación DEA convencional. Hay N unidades de producción i , usando cada una M inputs x_j , para producir un producto y , en T períodos t . Denotamos con índice 0 cada par $\{it\}$ que se está estudiando, de las NT observaciones k . La frontera para la unidad de producción i en el período t se construye como combinación lineal de las observaciones eficientes, siendo λ el vector de ponderaciones.

$$\begin{aligned}
 & \min_{d_0, \lambda_k} d_0 \\
 & \text{sujeto a} \\
 & \sum_{k=1}^{NT} \lambda_k x_{jk} + h_{j0} = x_{j0} d_0 \quad j = 1, \dots, M \\
 & \sum_{k=1}^{NT} \lambda_k y_k \geq y_0 \\
 & \lambda_k, d_0 \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

No se establece ninguna restricción sobre la suma de los elementos del vector λ con lo que se asumen rendimientos a escala constantes, a diferencia de Lynde y Richmond (1999), que especifican rendimientos no crecientes. La razón es que se va a seguir el planteamiento de Färe et al. (1997) en la construcción del índice de Malmquist, donde se imponen rendimientos a escala constantes. Así, no se establecen diferencias entre metodologías en lo que se refiere a rendimientos de escala.

La resolución de los programas en (3) proporciona un conjunto de NT índices de productividad radial. Lovell (1996) asume que el nivel de la tecnología es el mismo para todas las unidades productivas y períodos ($A_{it} = 1$, para todas i, t), por lo que el índice de productividad es un índice de eficiencia ($d_{it} = e_{it}$). No obstante, se pueden considerar otras descomposiciones alternativas. Aquí se sugiere la generalización a datos de panel de la descomposición de Lynde y Richmond (1999), construida sobre series temporales. Los tres aspectos fundamentales de esta descomposición son los siguientes:

1) La eficiencia técnica está acotada entre cero y uno;

$$0 < e_{it} \leq 1. \tag{4}$$

2) El progreso técnico es no regresivo, quedando acotado el nivel máximo de tecnología, por normalización arbitraria, en el valor de uno;

$$0 < A_{i1} \leq A_{i2} \leq \dots \leq A_{iT} = A_{imax} \leq 1. \tag{5}$$

3) El nivel máximo de tecnología para una unidad productiva i se corresponde al mejor resultado obtenido de productividad;

$$A_{imax} = \max_i \{d_{it}, t = 1, \dots, T\} \quad [6]$$

Con base en las hipótesis anteriores se construyen unos límites inferior y superior, para el nivel de tecnología A_{it} y asociados, dado que $d_{it} = e_{it} A_{it}$, los límites superior e inferior para la eficiencia e_{it} . El límite superior del índice de tecnología es A_{imax} , que se corresponde con una tecnología estacionaria para cada unidad productiva a partir del período en que se alcanza este nivel. En este caso, toda desviación de productividad se considera ineficiencia técnica.

$$A_{it}^U = A_{imax} \quad [7]$$

El límite inferior de tecnología se obtiene en el máximo nivel de productividad alcanzado hasta t , suponiendo que dicho nivel de productividad se ha obtenido con producción eficiente. Si se considera $e_{it} = 1$ se tiene como valor mínimo de tecnología d_{it} . Se puede admitir dicho nivel mínimo de tecnología excepto en el caso de haber obtenido en un momento anterior un nivel tecnológico más alto, ya que A_{it} es no decreciente. Así,

$$A_{it}^L = \max(d_{it}, A_{i(t-1)}^L) = \max_r \{d_{ir}; r \leq t\} \quad [8]$$

Como resultado de lo anterior se tiene que $A_{it}^L = 1$, si y sólo $d_{ir} = 1, r \leq t$.

Establecidos los límites superior e inferior del nivel de tecnología, se tienen respectivamente el nivel inferior y el superior de eficiencia, a partir de la expresión [2]. El límite inferior de eficiencia se obtiene para el nivel superior de tecnología.

$$e_{it}^L = d_{it} / A_{it}^U \quad [9]$$

Análogamente, el índice superior de eficiencia se construye a partir del índice inferior de cambio técnico:

$$e_{it}^U = d_{it} / A_{it}^L \quad [10]$$

Lynde y Richmond (1999) también analizan la eficiencia particular de cada input, incorporando la reducción potencial no proporcional medida en las holguras (h_{jit}). El uso eficiente del input j para la observación $\{it\}$ viene dado por

$$x_{jit}^* = e_{it} (x_{jit} - h_{jit}) \quad [11]$$

Los límites de eficiencia del input j para la observación $\{it\}$ se definen como el cociente entre el nivel eficiente de input x_{jit}^* en [11] y el uso real de factor x_{jit} , según la expresión siguiente:

$$\varphi_{jit} = \frac{e_{it} (x_{jit} - h_{jit})}{x_{jit}} \quad [12]$$

Según se considere e_{it}^L o e_{it}^U , y reorganizando la expresión [12], se obtienen los límites inferior y superior de la eficiencia particular de cada input.

$$\varphi_{jit}^L = e_{it}^L \left(1 - \frac{h_{jit}}{x_{jit}} \right) \quad [13]$$

$$\varphi_{jit}^U = e_{it}^U \left(1 - \frac{h_{jit}}{x_{jit}} \right) \quad [14]$$

Para todas las medidas desarrolladas anteriormente (A_{it}^L , e_{it}^U , e_{it}^L , φ_{jit}^L , φ_{jit}^U), se puede estudiar la evolución en niveles, o la variación en el cociente de logaritmos de períodos sucesivos, de forma similar a como se analizan otros índices de crecimiento. Lo que se obtiene con esta metodología es un conjunto más amplio de índices interrelacionados, que no proporcionan unos valores concretos de eficiencia o tecnología, sino unos intervalos, que ofrecen una información rica sobre evolución de la tecnología.

RESULTADOS

Los resultados de aplicar la metodología propuesta se comparan con los obtenidos con el índice de Malmquist. Se utilizan para ello observaciones de la industria alimentaria de las 17 CCAA en el período 78-92. La construcción de la base de datos utilizada se describe en el apéndice. Además, los resultados se presentan tomando como base de medida de la productividad tanto el valor añadido como la producción bruta, en ambas metodologías.

En el cuadro 1 se presentan las tasas de crecimiento del índice de Malmquist, así como del componente de cambio técnico, considerando producción total y valor añadido. La tasa de crecimiento media de la productividad en el enfoque de valor añadido es, aproximadamente, el triple de la obtenida en el análisis de producto total. Estas diferencias se pueden observar también en la mayoría de los valores regionales.

En Slade (1988) se comparan, por simulación Monte-Carlo y utilizando números índices, los resultados de medida de PTF empleando la función de producto final y la función de valor añadido. La medida de PTF sobre valor añadido, en media, sobrevalora los movimientos de las funciones de producción o coste subyacentes. Resultados similares se obtienen en este trabajo al aplicar el índice de Malmquist, comentándose a continuación únicamente algunos resultados del enfoque de producción. En todas las comunidades la tasa de crecimiento del índice de cambio técnico es positiva, oscilando entre 0,3% anual en Baleares, Valencia y Murcia y 3,2% anual en La Rioja. En nueve CCAA, la variación de la eficiencia es negativa en la media para el período de análisis, aunque de éstas sólo en tres el componente de eficiencia es más importante que el de cambio técnico, resultando negativa la tasa de crecimiento del índice de Malmquist.

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos con la nueva descomposición propuesta, al utilizar DEA sobre el panel completo, en el enfoque de pro-

Cuadro 1: TASA DE CRECIMIENTO MEDIA DE LA PTF (1978-1992).
ÍNDICE DE MALMQUIST

	Función de producto total		Función de valor añadido	
	Cambio técnico	Cambio Malmquist	Cambio técnico	Cambio Malmquist
Andalucía	0,013	0,015	0,064	0,066
Aragón	0,019	0,016	0,064	0,071
Asturias	0,013	0,012	0,025	0,016
Baleares	0,003	-0,001	0,021	0,010
Canarias	0,006	0,006	0,042	0,033
Cantabria	0,004	0,019	0,022	0,075
Castilla-Mancha	0,011	0,012	0,051	0,051
Castilla-León	0,012	0,015	0,042	0,052
Cataluña	0,007	0,002	0,026	0,024
Valencia	0,003	0,006	0,022	0,014
Extremadura	0,004	0,002	0,032	0,016
Galicia	0,004	-0,005	0,021	0,000
Madrid	0,002	-0,003	0,025	-0,016
Murcia	0,003	0,007	0,021	0,038
Navarra	0,015	0,014	0,026	0,034
País Vasco	0,013	0,010	0,035	0,010
Rioja	0,032	0,032	0,048	0,048
Media 78-92	0,010	0,009	0,035	0,032

ducto bruto en la parte primera, y en el de valor añadido en la continuación. La primera columna recoge el nivel de productividad d_{i78} en 1978, la segunda es el nivel inferior de tecnología A_i en 1992. La tercera columna indica en qué año se consiguió el máximo nivel de productividad para cada comunidad. Solamente Canarias en el año 1991 y La Rioja en los años 1984 y 1985 pertenecen a la frontera con producto total, y sólo La Rioja en 1985 es eficiente en la aproximación de valor añadido. La columna siguiente muestra las tasas medias del límite inferior de progreso técnico, consideradas para el período completo de doce años. Las columnas quinta y sexta muestran las medias de los niveles inferior e_{it}^L y superior e_{it}^U de eficiencia.

Se observan diferencias entre las aproximaciones de valor añadido y de producción bruta. En concreto, los resultados de valor añadido muestran niveles de eficiencia muy bajos y unas tasas elevadas de cambio técnico. Los bajos niveles de eficiencia obtenidos en la aproximación de valor añadido pueden deberse tanto a una formulación con menos factores como a la especial importancia de los consumos intermedios. Por otro lado, los resultados referentes a progreso técnico están en la línea de lo obtenido con el índice de Malmquist y en el análisis de Slade. Se sugiere que la sobrevaloración de la productividad es independiente del

Cuadro 2: PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA. DEA DE PANEL

CCAA	Función de producto total					
	d_{78}	A_{92}	t_{max}	r_A	e^L	e^U
Andalucía	0,768	0,873	83	0,009	0,931	0,964
Aragón	0,722	0,867	86	0,013	0,888	0,954
Asturias	0,803	0,926	92	0,010	0,892	0,971
Baleares	0,922	0,946	86	0,002	0,939	0,949
Canarias	0,914	1,000	91	0,006	0,955	0,987
Cantabria	0,715	0,854	92	0,013	0,890	0,982
Castilla-León	0,766	0,848	86	0,007	0,936	0,964
Castilla-La Mancha	0,741	0,833	91	0,008	0,897	0,981
Cataluña	0,763	0,887	86	0,011	0,919	0,966
Valencia	0,815	0,897	86	0,007	0,944	0,982
Extremadura	0,819	0,841	85	0,002	0,931	0,942
Galicia	0,791	0,863	86	0,006	0,926	0,967
Madrid	0,923	0,992	86	0,005	0,928	0,960
Murcia	0,771	0,856	91	0,007	0,925	0,968
Navarra	0,742	0,846	86	0,009	0,939	0,975
País Vasco	0,820	0,981	83	0,013	0,858	0,903
Rioja	0,906	1,000	84	0,007	0,933	0,950

d_{78} : índice de productividad en 1978.

A_{92} : límite inferior del índice de tecnología en 1992.

t_{max} : año en que se alcanza el máximo de productividad.

r_A : tasa de crecimiento media anual del límite inferior del índice de tecnología.

e^L : media límite inferior del índice de eficiencia.

e^U : media límite superior del índice de eficiencia.

Cuadro 2: PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA. DEA DE PANEL (continuación)

CCAA	Función de valor añadido					
	d_{78}	A_{92}	t_{\max}	r_A	e^L	e^U
Andalucía	0,232	0,572	91	0,065	0,680	0,933
Aragón	0,195	0,477	92	0,064	0,692	0,948
Asturias	0,428	0,672	91	0,032	0,754	0,907
Baleares	0,404	0,534	86	0,020	0,867	0,929
Canarias	0,361	0,604	91	0,037	0,735	0,971
Cantabria	0,218	0,624	92	0,075	0,575	0,955
Castilla-León	0,267	0,515	92	0,047	0,703	0,952
Castilla-La Mancha	0,234	0,512	92	0,056	0,570	0,946
Cataluña	0,369	0,624	86	0,038	0,788	0,927
Valencia	0,378	0,512	86	0,022	0,865	0,948
Extremadura	0,283	0,400	92	0,025	0,690	0,859
Galicia	0,466	0,572	91	0,015	0,806	0,901
Madrid	0,541	0,682	86	0,016	0,820	0,899
Murcia	0,228	0,418	91	0,043	0,734	0,943
Navarra	0,293	0,477	91	0,035	0,778	0,943
País Vasco	0,425	0,670	83	0,033	0,710	0,799
Rioja	0,473	1,000	85	0,054	0,735	0,861

d_{78} : índice de productividad en 1978.

A_{92} : límite inferior del índice de tecnología en 1992.

t_{\max} : año en que se alcanza el máximo de productividad.

r_A : tasa de crecimiento media anual del límite inferior del índice de tecnología.

e^L : media límite inferior del índice de eficiencia.

e^U : media límite superior del índice de eficiencia.

método de cálculo de la PTF, respondiendo a la omisión de un factor de producción importante. Tanto los bajos niveles de eficiencia como la sobrevaloración de PTF con la aproximación de valor añadido son merecedores de una investigación de alcance más general que una aplicación concreta.

Como información adicional a la contenida en el cuadro, se puede destacar que únicamente los consumos intermedios no presentan holgura en ninguna observación, existiendo ineficiencia radial. La representación gráfica de los índices de eficiencia de los inputs, como para La Rioja en los gráficos 1 a 3, es interesante para entender el potencial de interpretación de resultados con la metodología propuesta. Al alcanzar La Rioja su máximo nivel de productividad en 1984, los límites inferior y superior de eficiencia resultan diferenciados en la etapa anterior a esos años. Sin embargo, con el supuesto de cambio técnico no regresivo la eficiencia toma un valor único a partir de 1984. La evolución de las eficiencias no radiales muestra un patrón que se observa también en otras CCAA: mejora la eficiencia del trabajo y disminuye la eficiencia del capital.

Gráfico 1: LÍMITES DE EFICIENCIA DE CONSUMOS INTERMEDIOS. LA RIOJA

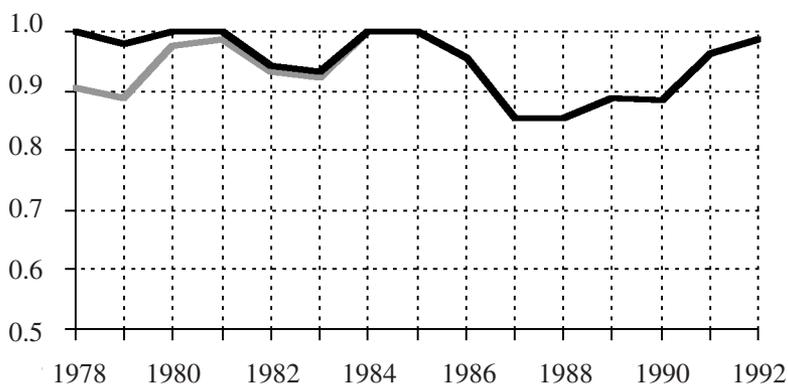


Gráfico 2: LÍMITES DE EFICIENCIA DE TRABAJO. LA RIOJA

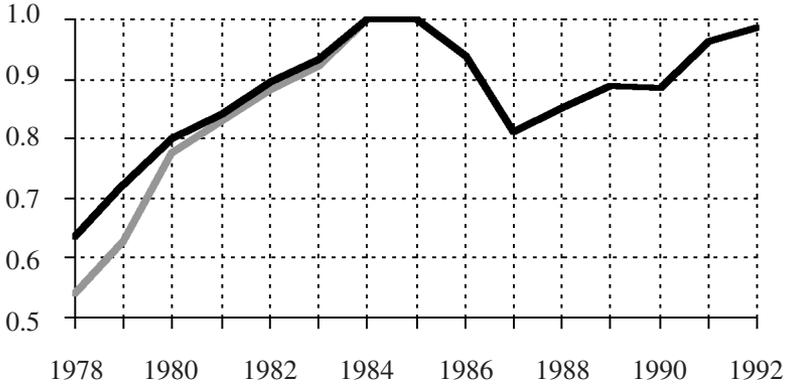
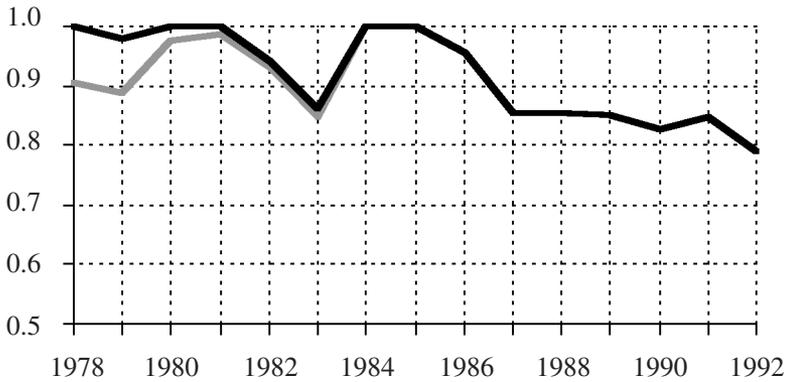


Gráfico 3: LÍMITES DE EFICIENCIA DE CAPITAL. LA RIOJA



CONCLUSIONES

Se han comparado los resultados de una nueva descomposición del índice de productividad DEA con todas las observaciones de panel con los obtenidos mediante el cálculo del índice de Malmquist entre períodos sucesivos. La nueva metodología permite calcular niveles superior e inferior de tecnología y de eficiencia, aunque no estimaciones punto. Asimismo, se han comparado los resultados obtenidos en una formulación de producto total con una formulación de valor añadido.

Como primera conclusión, se ha comprobado que con la aproximación de valor añadido se sobrevalora, en general, la tasa de crecimiento de la PTF. Este resultado coincide con el obtenido por Slade (1988) mediante la metodología de números índices. Es interesante observar como la misma conclusión se obtiene con las metodologías basadas en DEA, que no precisan de una ponderación de los diferentes factores en la producción (coste). Esta conclusión debe extenderse para matizar los resultados obtenidos en los cada vez más numerosos trabajos sobre productividad sectorial, en ocasiones con capital humano además de los inputs primarios convencionales, en el análisis del crecimiento económico. Una sugerencia para posteriores investigaciones es la influencia del posible sesgo de omisión de los consumos intermedios en los resultados de los trabajos empíricos de crecimiento endógeno sectorial.

Se puede destacar alguna conclusión específica de la aplicación empírica. Al analizar la PTF en la industria alimentaria de las CCAA españolas en el período 1978-92 se observa una mejora progresiva en la eficiencia del input trabajo en la mayoría de las regiones. Este resultado no se puede obtener en aplicaciones basadas en números índices ni se obtiene, en esta aplicación concreta, con la metodología de Malmquist basada en la comparación de períodos adyacentes.

Las diferencias obtenidas con las diferentes metodologías ilustran la dificultad de identificar inobservables como 'eficiencia' y 'progreso técnico', y cómo su medida depende de los supuestos adicionales sobre el comportamiento de los productores y la estructura de la tecnología y su evolución. En este sentido, queda para futuras investigaciones el estudiar otras descomposiciones del índice de productividad de DEA. Sólo como ejemplo, se puede considerar la evolución del cambio técnico de forma paramétrica, en función del tiempo, en lugar de imponer cambio técnico no regresivo.

APÉNDICE. LOS DATOS

El análisis se realiza considerando un output (producción total), y tres inputs, trabajo, consumos intermedios y capital, para el período 1978-92. La información publicada en la Encuesta Industrial (EI) del Instituto Nacional de Estadística por Comunidades Autónomas y grupos de sectores incluye, entre otras variables, la producción total y el valor añadido, a precios corrientes.

Es preciso construir los deflatores regionales que permitan evaluar en volumen la producción y los consumos intermedios. Para ello, se utilizan índices de precios de producción y de consumos intermedios nacionales, para cada uno de los 18 subsectores de ABT en la EI (del sector 47 al sector 64). A partir de estos

índices de precios nacionales, se construyen los índices de precios de output y de consumos intermedios para cada Comunidad Autónoma teniendo en cuenta la particular composición sectorial de cada una, aplicando la fórmula precios de Tornqvist-Divisia. El mismo procedimiento se aplica para la estimación de los deflatores de consumos intermedios. En la construcción de deflatores de valor añadido para cada Comunidad Autónoma se ha utilizado la doble deflación. Todos los deflatores de producción, consumos intermedios y valor añadido se han construido con base en 1990.

Como medida del trabajo se utilizan las horas trabajadas, información proporcionada por el INE en soporte magnético. Respecto al capital, Mas et al. (1998) publican series de stock de capital a precios de 1990, para distintos sectores y por Comunidades Autónomas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brockett, P.L., B. Golany y S. Li (1998): "Analysis of Intertemporal Efficiency Trends Using Rank Statistics With an Application Evaluating the Macro Economic Performance of OECD Nations", *Journal of Productivity Analysis*, 11, págs. 169-182.
- Bureau, J.C., R. Färe y S. Grosskopf (1995): "A Comparison of Three Nonparametric Measures of Productivity Growth in European and United States Agriculture", *Journal of Agricultural Economics*, 46(3), págs. 309-326.
- 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.
- Färe, R., S. Grosskopf y M. Norris (1997): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries: reply", *American Economic Review*, 87(5), págs. 1040-1043.
- Färe, R., S. Grosskopf y P. Roos (1998): "Malmquist productivity indexes: a survey of theory and practice", en Färe, R., Grosskopf, S. y Russell, R. (eds): *Index numbers: essays in honor of Sten Malmquist*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Goerlich, F.J. y V. Orts (1996): "Economías de escala, externalidades y atesoramiento de trabajo en la industria española, 1964-1989", *Revista de Economía Aplicada*, 11(vol. 4), págs. 151-166.
- Grifell-Tatjé, E., C.A.K. Lovell y T.J. Pastor (1998): "A quasi-Malmquist productivity index", *Journal of Productivity Analysis*, 10, págs. 7-20.
- Gumbau-Albert, M. y J. Maudos (1996): "Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: Una aproximación fronterá", *Revista Espanola de Economía*, 13(2), págs. 239-60.
- Lim, H. y C.R. Shumway (1992): "Profit Maximization, Returns to Scale, and Measurement Error", *Review of Economics and Statistics*, 74(3), págs. 430-38.
- Lovell, C.A.K. (1996): "Applying Efficiency Measurement Techniques to the Measurement of Productivity Change", *Journal of Productivity Analysis*, 7(2-3), págs. 329-40.
- Lynde, C. y J. Richmond (1999): "Productivity and efficiency in the UK: a time series application of DEA", *Economic Modelling*, 16(1), págs. 105-122.
- Mas, M., F. Pérez y E. Uriel (1998): *El stock de capital en España y su distribución territorial*. Fundación BBV. Bilbao.

- 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. 235-64.
- Maudos, J., J.M. Pastor y L. Serrano (2000): "Efficiency and Productive Specialization: An Application to the Spanish Regions", *Regional Studies*, 34 (9), págs. 829-42.
- Maudos, J., J.M. Pastor y L. Serrano (2000): "Crecimiento de la productividad y su descomposición en progreso técnico y cambio de eficiencia: Una aplicación sectorial y regional en España", *Investigaciones Económicas*, 24 (1), págs. 177-205.
- Millán J.A. y N. Aldaz (1998): "Agricultural productivity of the Spanish regions: a non-parametric Malmquist Analysis", *Applied Economics*, 30(7), págs. 875-884.
- Nishimizu, M. y J.M. Page (1982): "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78", *Economic Journal*, 92, págs. 920-936.
- Pedraja, F., J. Ramajo y J. Salinas (1999): "Eficiencia productiva del sector industrial español: un análisis espacial y sectorial", *Papeles de Economía Española*, 82, págs. 51-68.
- Ray, S.C. y E. Desli (1997): "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Comment", *American Economic Review*, 87(5), págs. 1033-39.
- Segarra, A. y J. Arcarons (1999): "Economías externas en la industria española. Un análisis regional, 1980-1992", *Revista de Economía Aplicada*, 19 (vol. 7), págs. 31-60.
- Slade, M.E. (1988): "Value-Added Total-Factor-Productivity Measurement: A Monte-Carlo Assessment", págs. 809-30, en Eichhorn, W. (ed.): *Measurement in economics: Theory and applications of economic indices*. Physica-Verlag. Heidelberg.

Fecha de recepción del original: junio, 2000
Versión final: enero, 2002

ABSTRACT

This paper presents a new procedure based on DEA applied to complete panel data, allowing the calculation of technical level and efficiency bounds. The methodology is applied to the food industry of the Spanish regions, and the results are compared with those obtained using Malmquist indexes. Productivity measurement based on gross production vs. value added approaches are evaluated. It emerges that the results from empirical sector productivity models based on value added could be severely biased.

Key words: productivity, DEA, efficiency, change technical, regions, industry nourishing.

JEL Classification: D24, L66, O47.