

# UN ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO DE EFICIENCIA EN EL TRANSPORTE AÉREO

.....  
BELÉN REY

CIPRIANO QUIRÓS (\*)

*Universidad Complutense*

**LA INDUSTRIA DEL TRANSPORTE AÉREO INTERNACIONAL HA ATRAVESADO POR PROFUNDOS CAMBIOS, ESTRUCTURALES E INSTITUCIONALES, DESDE FINALES DE LOS AÑOS 70. LAS COMPAÑÍAS AÉREAS HAN TENIDO QUE ADAPTARSE A ESTOS**

89

cambios para sobrevivir en un nuevo contexto, más abierto a la competencia, y en donde la eficiencia productiva juega un papel determinante.

Existe una amplia literatura sobre la productividad de las compañías de transporte aéreo internacional. Caves (1981), para el periodo 1972-1977 y Bauer (1990) para el comprendido entre 1981-1986 estiman la productividad total de los factores de compañías estadounidenses. Encaoua (1991) examina las diferencias en costes y productividad entre las compañías europeas y americanas, entre 1981 y 1986, en-

contrando que las diferencias existentes al principio del periodo, se reducen para las compañías europeas como resultado de proceso de liberalización. Distexhe y Perelman (1994) analizan la eficiencia técnica mediante técnicas no paramétricas en 33 compañías internacionales entre 1977 y 1988. Sus resultados señalan al progreso técnico como el principal determinante en las ganancias de productividad. Good, Röller y Sickles (1995) con una metodología de frontera estocástica y determinística, aplicada a 16 compañías americanas y europeas entre 1976 y 1986, obtienen la existencia de ganancias de

productividad ligadas al proceso de liberalización.

Por último, Coto-Millán, Inglada y Rodríguez-Alvarez (1999), estudian la eficiencia económica y técnica para 22 compañías aéreas en el periodo 1992-1996, encontrando que las compañías americanas presenta una mayor eficiencia productiva, mientras que las europeas alcanzan una mayor eficiencia económica.

En este trabajo se analizan los cambios en la eficiencia en el periodo 1996-2000 para un conjunto de 18 compañías de trans-

porte aéreo internacional, utilizando una metodología de análisis no paramétrico, que permite la estimación de índices Malmquist de productividad y su posterior descomposición indicadores de eficiencia técnica y cambio tecnológico.

Con este objetivo, en la sección 2 se revisa la metodología utilizada para el cálculo de la productividad y los índices de eficiencia técnica. En la sección 3, se describe la base de datos utilizada y, por último, en las secciones 4 y 5 se exponen, respectivamente, los resultados de obtenidos y las principales conclusiones.

•••••  
**METODOLOGÍA**

La metodología para el cálculo del cambio en la productividad que se propone en este trabajo se basa en la utilización de las medidas de eficiencia de Farrell (Farrell, 1957), a partir de las cuales se construyen índices Malmquist (1) que permiten la descomposición del crecimiento de la productividad como el resultado del progreso técnico y las variaciones en los niveles de eficiencia técnica. Esta descomposición del cambio productivo fue ya propuesta en los trabajos de Caves, Christensen y Diewert (1982) y Nishimizu y Page (1982).

El índice Malmquist de productividad en inputs basado en la tecnología del período  $t$  y  $t+1$  se formula como:

$$M_1^{t,t+1}(x_t, y_t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[ \left( \frac{D_t^1(x^t, y^t)}{D_t^1(x^{t+1}, y^{t+1})} \right)^{1/2} \right] \quad [1]$$

expresión que, tras algunas transformaciones, puede expresarse:

$$M_1^{t,t+1}(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \left( \frac{D_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_t^1(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left( \frac{D_t^1(x^t, y^t)}{D_t^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{1/2} \quad [2]$$

donde,  $D_t^1(x^{t+1}, y^{t+1})$  representa la distancia para una unidad productiva en  $t+1$  respecto a la frontera de eficiencia del período  $t$ , es el vector de inputs, y finalmente, indica el vector de outputs.

Esta presentación del índice Malmquist, similar a la propuesta por Färe, Grosskopf, Norris y Zhang (1994), permite, en consecuencia, descomponer el cambio de productividad ocurrido entre los períodos  $t$  y  $t+1$  en el resultado del desplazamiento de la frontera tecnológica o cambio técnico, recogido por el primer término de la derecha de la expresión (2) y de las modificaciones en la posición relativa respecto a la frontera tecnológica o cambio en eficiencia, representado por el segundo. Esta descomposición supone una interpretación razonable del progreso técnico como el desplazamiento de la máxima productividad media asociada a la escala más productiva (Quirós y Picazo, 2001).

La obtención de índices de productividad de Malmquist requiere la estimación de funciones distancia, o sus análogos índices de eficiencia técnica de Farrell, a partir de la frontera de eficiencia correspondiente. Para la estimación de esta frontera es necesaria la especificación de una relación de los datos. Esta relación puede ser paramétrica o no paramétrica y, al mismo tiempo, tener un carácter determinístico o estocástico.

En este trabajo se opta por una relación no paramétrica y determinística como es el análisis de la envolvente (2) (DEA) que presenta, entre otras, la ventaja de su flexibilidad, al no imponer forma funcional alguna para la frontera tecnológica, que es construida a partir de las prácticas más eficientes y sus combinaciones lineales. Por el contrario, dentro de las limitaciones de esta aproximación, destaca su propio carácter determinístico, que impide el contraste estadístico de hipótesis sobre los resultados obtenidos.

La distancia en input de una unidad productiva  $k$  respecto a una frontera tecnológica de referencia se puede calcular a partir de la resolución de un problema de optimización matemática. En el siguiente programa se calcula la distancia de la observación  $k$  correspondiente al período  $t$  respecto a la frontera tecnológica existen-

te en ese mismo momento del tiempo  $t$ , aunque permite hacerlo respecto a la frontera existente en otro momento distinto de tiempo:

$$\begin{aligned} [D_t^k(x^{k,t}, y^{k,t})]^{-1} &= \text{Min} \phi_t^{k,t} \\ \text{s.a.} \\ y^{k,t} &\leq Y^t z^t \quad (i) \\ X^t z^t &\leq \phi_t^{k,t} x^{k,t} \quad (ii) \\ z^t &\in \mathcal{R}_+^K \quad (iii) \end{aligned} \quad [3]$$

donde:  $k = 1, \dots, K$  son las unidades productivas,  $x^{k,t} = (x_1^{k,t}, \dots, x_N^{k,t})_{(N \times K)} \in \mathcal{R}_+^N$  es el vector de inputs,  $y^{k,t} = (y_1^{k,t}, \dots, y_M^{k,t})_{(M \times 1)} \in \mathcal{R}_+^M$  es el vector de outputs,  $X^t = (x^{1,t}, \dots, x^{K,t})_{(N \times K)}$  representa la matriz de inputs,  $Y^t = (y^{1,t}, \dots, y^{K,t})_{(M \times K)}$  es la correspondiente matriz de outputs, y  $z^t = (z^{1,t}, \dots, z^{K,t})_{(N \times K)}$  es el vector que representa la intensidad con que cada unidad productiva participa en la construcción de la frontera de eficiencia.

•••••  
**LOS DATOS**

La base de datos que se utiliza en este trabajo consiste en un panel de datos con 18 compañías internacionales, de las cuales 7 son europeas (*Luftbansa, Klm, Sas, Finnair, Spanair, Iberia, British Airways*), 7 estadounidenses (*American Airlines, United, Delta, Northwest, Usair, Continental, Canadian*) y 4 asiáticas (*Jal, Korean Air, Cathay Pacific y Sía*). Para todas ellas se dispone de observaciones anuales desde 1996 hasta 2000. La referencia básica es el Directorio de Estadísticas de la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI). Estos datos han sido completados con las Estadísticas Mundiales de Transporte Aéreo publicadas por la Asociación Internacional del Transporte Aéreo (IATA).

Para caracterizar la actividad productiva de las compañías aéreas se ha utilizado como output el total de toneladas kilómetro disponible para cada compañía (medida que incluye pasajeros y carga). Como inputs se utilizan, el trabajo, la energía y el capital. Estos inputs han sido seleccionados siguiendo trabajos anteriores (Goed, Röller y Sickles (1995), Oum, T.H y Yu, C. (1995) e Inglada, Coto-Millán, Rodríguez (1999).

## UN ANÁLISIS NO PARAMÉTRICO DE EFICIENCIA...

En el input trabajo se ha incluido por separado la tripulación (pilotos, copilotos y personal de cabina), y el resto de personal de las compañías aéreas. Esta distinción viene justificada por el importante peso que tienen las tripulaciones en el conjunto de trabajadores de las compañías (aproximadamente una cuarta parte).

Con respecto a la energía, el indicador usado ha sido el consumo de fuel, obtenido como el cociente entre el coste para las distintas compañías y el precio del fuel. El precio utilizado es el mismo para todas las compañías, y ha sido obtenido de la Energy Information Administration de Estados Unidos.

Por último, el input capital se ha aproximado por el número de aviones que posee cada compañía y que componen su flota. En el cuadro 1 aparecen los principales estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el análisis.

### ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● RESULTADOS

Los resultados del análisis de productividad (cuadro 2) revelan que en el periodo 1996-2000 las compañías de transporte aéreo internacional han experimentado un moderado crecimiento de su productividad, que en promedio es del 2,9% anual. La descomposición del Índice Malmquist de productividad en el componente de cambio técnico, que representa el desplazamiento de la frontera para el nivel de output de cada empresa, muestra como, del crecimiento global de la productividad para el conjunto de compañías de la muestra, un 72% es atribuible al desplazamiento de la frontera de eficiencia a través del tiempo, es decir, al progreso tecnológico.

Este resultado es coincidente con el obtenido para el periodo 1977-1988 por Distexhe y Perelman (1994) en un análisis similar al desarrollado aquí. El 28% restante de esa mejora de la productividad corresponde a mejoras técnicas de las empresas que han permitido su acercamiento individual a las distintas fronteras de eficiencia. En media, esta mejora técnica del 0,8% anual es atribuible a un cambio en la eficiencia técnica pura, no relacionada

CUADRO 1  
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES UTILIZADAS.  
PERIODO 1996-2000

	Output	Tripulación	Resto de personal	Flota	Energía
Promedio	15.696.045	11.425	34.323	255	1.227.546
Desviación típica	10.518.350	8.642	25.151	206	800.653
Máximo	40.237.311	36.599	97.587	722	3.153.488
Mínimo	757.895	645	1.837	20	42.083

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 2  
DESCOMPOSICIÓN DEL CAMBIO PRODUCTIVO DE LAS COMPAÑÍAS AÉREAS.  
TASAS MEDIA ANUALES.  
PERIODO 1996-2000

Empresa	País	Cambio en eficiencia técnica	Cambio técnico	Cambio en eficiencia técnica pura	Cambio en eficiencia de escala	Índice malmquist de productividad
Lufthansa	Alemania	0.989	1.049	0.979	1.01	1.038
Klm	Holanda	0.975	1.048	0.989	0.986	1.022
Sas	Escandinavia	1.01	1.006	1.002	1.008	1.016
Finnair	Finlandia	1.104	0.991	1.083	1.019	1.094
Spanair	España	0.969	1.032	1	0.969	1
Iberia	España	1.013	1	1.005	1.008	1.013
British Airways	R. Unido	1.01	1.033	1.048	0.963	1.043
American	EEUU	1.012	1.011	0.994	1.018	1.022
United	EEUU	1.042	1.012	1	1.042	1.054
Delta	EEUU	1.078	1	1.024	1.053	1.078
Northwest	EEUU	0.998	1.02	0.983	1.016	1.018
Usair	EEUU	0.98	1.038	0.978	1.002	1.017
Continental	EEUU	1.001	1.021	0.996	1.004	1.022
Canadian	Canadá	0.998	1.015	1.006	0.992	1.013
Jal	Japón	1.005	1.035	1.024	0.981	1.04
Korean Air	Corea	1	1.027	1	1	1.027
Cathay Pacific	China	1	1.02	1	1	1.02
Sia	Singapur	0.978	1.02	0.991	0.987	0.998
Media del periodo		1.008	1.021	1.005	1.003	1.029

FUENTE: Elaboración propia.

con la escala de producción de las empresas (0,5%), pero también a una mejora relacionada con los cambios de tamaño de las compañías aéreas (0,3%).

En el análisis de los resultados obtenidos por áreas geográficas no se aprecian diferencias notables en el crecimiento de la productividad. Como media éste ha sido de un 3,2% tanto para las compañías europeas como norteamericanas y algo menor en las asiáticas (2,3%). El análisis por empresas muestra, por el contrario, dife-

rencias apreciables. Destaca el comportamiento de *Finnair*, entre las compañías europeas, y de *Delta*, entre las estadounidenses, debido, en ambos casos, al acercamiento a sus respectivas fronteras de eficiencia o mejora de eficiencia técnica. En el caso de la empresa estadounidense este crecimiento está vinculado, en gran parte, a mejoras relacionadas con cambios en su escala de producción.

Una visión adecuada de la eficiencia productiva de las compañías aéreas necesita

completar la información sobre la variación o mejora de la productividad obtenida con su nivel de eficiencia productiva comparada. En el gráfico 1 se presentan los niveles medios de eficiencia (3) para el periodo 1996-2000 obtenidos por las distintas compañías (4).

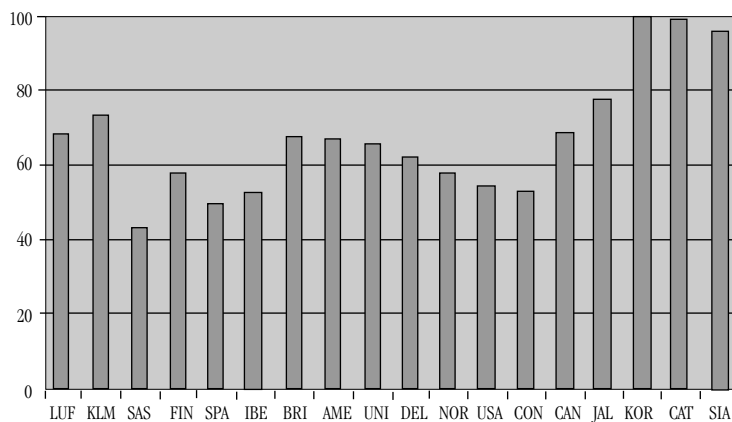
Destaca el nivel de eficiencia de las compañías asiáticas, en especial de las compañías *Catbay* y *Korean Air*, con un nivel máximo de eficiencia. Entre las compañías norteamericanas se observa unos indicadores de eficiencia (o de su complementaria, ineficiencia) similares y sensiblemente más bajos que el de las empresas asiáticas. Por último, entre las europeas existe una mayor dispersión en los niveles de eficiencia, destacando los mejores resultados alcanzados por *Klm*, *British Airways* y *Lufthansa*.

Los factores que pueden influir en el comportamiento diferenciado de las ganancias y los niveles de eficiencia mostrado por las compañías analizadas, son múltiples. Tanto la estructura de la red, como las condiciones de demanda de cada mercado nacional u otros múltiples aspectos del funcionamiento de las compañías son elementos que pueden explicar los resultados obtenidos por las distintas compañías aéreas (Oum y Yu (1995)). En este trabajo se ha optado por analizar la relación de los niveles de eficiencia mostrados con dos factores habitualmente utilizados en la literatura sobre transporte aéreo, como son la distancia media recorrida y el coeficiente de ocupación.

En los gráficos 2 y 3 aparecen relacionados los índices de productividad media obtenidos por las distintas compañías aéreas en el periodo 1996-2000 con, respectivamente, la distancia media recorrida y el coeficiente de ocupación media de los aviones de estas compañías en ese mismo periodo de tiempo.

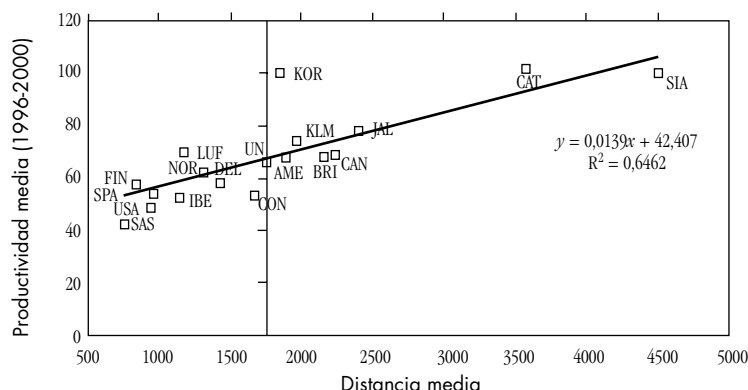
Como se observa en el gráfico 2, la distancia media recorrida por la flota de las compañías aéreas muestra una clara relación positiva con los niveles de eficiencia asociados a ellas. Este resultado, coincidente con el obtenido en otros estudios como el de Inglada, Rey y Rodríguez-Alvarez (2004), explicaría los bajos niveles de eficiencia cosechados por operadoras

GRÁFICO 1  
ÍNDICE PROMEDIO DE EFICIENCIA POR COMPAÑÍA. 1996-2000



FUENTE: Elaboración propia con datos de IATA.

GRÁFICO 2  
ÍNDICES DE EFICIENCIA Y DISTANCIA MEDIA DE LAS COMPAÑÍAS



FUENTE: Elaboración propia con datos de IATA.

como *Sas*, *Spanair* o *Finnair* frente a las compañías asiáticas. Así la especialización en vuelos de distancia media de recorrido inferior a 1000 kilómetros, estaría penalizando a las compañías aéreas, particularmente las europeas, frente a aquellas orientadas hacia vuelos de larga distancia como las asiáticas y algunas norteamericanas.

En el gráfico 3 se muestran los niveles de eficiencia obtenidos por las compañías analizadas, como media en el periodo 1996-2000 junto con los coeficientes de ocupación que para ese mismo periodo presentan estas empresas. Contrariamente al resultado que se esperaría, este último factor no parece jugar un papel relevante

en la explicación de la eficiencia productiva. Las compañías más eficientes no tienen que ser necesariamente aquellas con ocupaciones en sus aviones más altas.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se analiza el comportamiento de la productividad y la eficiencia productiva de 18 compañías aéreas internacionales en el periodo 1996-2000. Los resultados revelan, en primer lugar, un crecimiento anual de la productividad cercano al tres por ciento, atribuible, en su mayor parte, a un desplazamiento de

la frontera de eficiencia o progreso técnico. En segundo lugar, no se aprecian diferencias en cuanto al crecimiento de la productividad generalizables al conjunto de compañías pertenecientes a un área geográfica determinada.

El análisis de los niveles de eficiencia productiva muestra, sin embargo, diferencias por área de pertenencia de las compañías aéreas. En este caso, las compañías asiáticas SIA, Cathay y Korean Air, aparecen como las compañías más eficientes de la muestra en el periodo seleccionado.

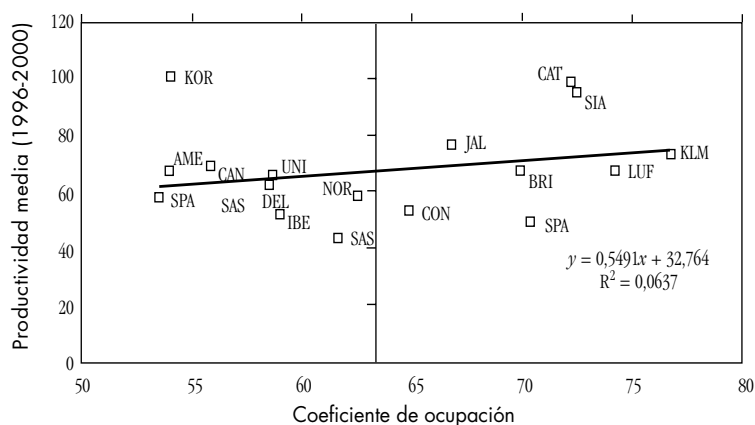
De los dos factores utilizados en la explicación de los niveles de eficiencia, coeficiente de ocupación y distancia media, este último es el que aparece relacionado positivamente con el comportamiento de las compañías analizadas, mostrando como, en general, las mayores distancias recorridas implican un mejor aprovechamiento de las flotas de aviones y de las tripulaciones, lo que se traduciría en mejoras en la eficiencia productiva.

**(\* Los autores agradecen a Rafael Myros sus valiosas sugerencias y comentarios, que han permitido mejorar el contenido final de este artículo.**

## NOTAS

- (1) Un survey sobre los índices Malmquist de productividad es Färe, Grosskopf y Roos (1998).
- (2) Para una profundización de esta técnica puede consultarse Charnes, Cooper, Lewis y Seiford (1996).
- (3) Este resultado se obtiene aplicando el programa de optimización de la ecuación 3, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala.
- (4) Este resultado se obtiene aplicando el programa de optimización de la ecuación 3, bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala.

GRÁFICO 3  
ÍNDICES DE EFICIENCIA Y COEFICIENTE DE OCUPACIÓN



FUENTE: Elaboración propia.

## BIBLIOGRAFÍA

BAUER, P.W. (1990): «Discomposing TFP growth in the presence of cost inefficiency, non constant returns to scale and technological progress». *The Journal of productivity Analysis*, 287-289.

CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R. Y TRETHERWAY, M.W. (1981): «U.S trunk air airlines, 1972-1977: a multilateral comparison of total factor productivity», in Cowing, TG and Stevenson, RE (eds). *Productivity Measurement in Regulated Industries*, New York: Academic Press, 47-77.

CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R. Y DIEWERT, W.E. (1982): «Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers», *Economic Journal*, vol. 92, 73-86.

CHARNES, A., COOPER, W., LEWIN, A. Y SEIFORD, L. (eds.) (1996): *Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications*, 2ª edición, Kluwer Academic Publishers, Boston.

COTO-MILLÁN, P, INGLADA, V Y RODRIGUEZ-ÁLVAREZ, A (1999): «Economic and Technical efficiency in the world air industry». *International Journal of Transport Economics*, vol 26, 119-235.

DISTEXHE, V AND PERELMAN, S (1994): «Technical efficiency and productivity growth in an era of deregulation: the case of airlines». *Revue Suisse d'Economie Politique*, 130, 669-689

ENCAOUA, D (1991): «Liberalizing European Airlines. Cost and factor productivity evidence». *International Journal of Industrial Organization*, 109-124.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S., NORRIS, M. Y ZHANG, Z. (1994): «Productivity growth, technical progress, and efficiency change

in industrialized countries», *The American Economic Review*, vol. 84, n° 1, 66-83.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S. Y ROOS, P. (1998): «Malmquist productivity indexes: A survey of theory and practice», en Färe, R., Grosskopf, S. y Russell, R. (eds.): *Index numbers: Essays in honour of Sten Malmquist*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

FARRELL, M. (1957): «The measurement of productive efficiency», *Journal of the Royal Statistical Society. Serie A*, vol. 120, n° 3, 253-282.

GOOD, D, RÖLLER, LH Y SICKLES, R (1995), «Airline efficiency differences between Europe and the US: implications for the pace of EC integration and domestic regulation». *European Journal of Operational Research*, 80, 508-518.

INGLADA, V., REY, B AND RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ, A. (2004): «Liberalization and efficiency in International Air Transport», *Transportation Research* part A. En proceso de publicación.

NISHIMIZU, M. Y PAGE, J.M. (1982): «Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: dimensions of productivity changes in Yugoslavia, 1965-78», *Economic Journal*, vol. 92, n° 368, 920-936.

OOM, T. AND YU, C. (1995), «A Productivity Comparison of the World's Major Airlines», *Journal of Air Transport Management*, 2, 181-195.

QUIRÓS, C Y PICAZO, A. J. (2001), «Liberalización, eficiencia y cambio técnico en telecomunicaciones». *Revista de Economía Aplicada* 25, 77-113.