

LIBERALIZACIÓN, EFICIENCIA Y CAMBIO TÉCNICO EN TELECOMUNICACIONES*

CIPRIANO QUIRÓS

Universidad Complutense de Madrid

ANDRÉS J. PICAZO

Universidad de Valencia

El objetivo de este trabajo es estudiar si existen diferencias en la evolución de la productividad de las empresas de telecomunicaciones que operan en mercados liberalizados y las que pertenecen a mercados no liberalizados. Siguiendo la propuesta de Färe, Grosskopf, Norris y Zang (1994), el cambio productivo de una muestra de trece empresas de telecomunicaciones de la OCDE se obtiene a partir del cálculo de índices *Malmquist* de productividad y, posteriormente, se descompone en el resultado del cambio técnico y las variaciones en los niveles de eficiencia. Los resultados muestran que en la primera mitad de los noventa el avance de la productividad en las empresas de mercados liberalizados ha superado con holgura al de las operadoras de mercados no liberalizados, tendencia que se sustenta en las mayores ganancias de eficiencia experimentadas por las primeras. Sin embargo, el cambio productivo en ambos tipos de empresas se ha visto asimismo influido por circunstancias distintas a la desregulación, relacionadas con alteraciones en la estructura de las operadoras derivadas de procesos de fusión y adquisición o cambios en la titularidad de su capital.

Palabras clave: telecomunicaciones, desregulación, productividad, cambio técnico, eficiencia.

Clasificación JEL: C61, D24, L51, L96.

La mayoría de las actividades de servicios han estado tradicionalmente sometidas a importantes regulaciones por parte de las autoridades públicas, pero el resultado alcanzado en términos de bienestar ha distado considerablemente del perseguido. La intervención ha fomentado ineficiencias en la asignación de los recursos, retrasando incluso el cambio técnico en algunas actividades [Joskow y Rose (1989)], quizá porque los responsables de la regula-

(*) Agradecemos los comentarios del profesor de la Oregon State University Rolf Färe, así como las sugerencias realizadas durante el proceso de evaluación del artículo.

ción no siempre han tenido el objetivo de maximizar el bienestar social ni han contado con información perfecta [Paricio y Martínez Serrano (1995)].

La generalización de la idea de que las formas tradicionales de regulación pueden producir importantes pérdidas de eficiencia ha impulsado un cambio de orientación en la política de regulación hacia el fomento de la competencia [Hoj, Kato y Pilat (1995)]. La creciente competencia internacional y el notable progreso tecnológico experimentado por muchas actividades de servicios también han motivado que las causas iniciales que justificaban la intervención hayan desaparecido o perdido buena parte de su validez original. Independientemente de cual fuese la razón de la regulación, si el diseño de la política de liberalización es el adecuado, el resultado esperado debe ser una mejora en la eficiencia como consecuencia de una mayor competencia en los mercados¹ [Winston (1993)]. La evidencia sobre los efectos de la desregulación es todavía limitada, y la evaluación de sus consecuencias en términos de eficiencia y productividad no resulta fácil, dada la dificultad de separar los efectos de la desregulación económica de otros de carácter más general en aquellas economías que han abordado procesos liberalizadores, en su mayoría graduales y en muchos casos limitados a actividades concretas; no obstante, parece existir una valoración global positiva para aquellos países que más han avanzado en la desregulación, entre ellos, el Reino Unido, Nueva Zelanda y Estados Unidos. Los estudios acerca de los efectos de la liberalización de las telecomunicaciones se han limitado principalmente al análisis de un mercado concreto y, en general, también han encontrado evidencia empírica a favor de la existencia de una relación positiva entre la intensidad del proceso desregulador y el aumento de la eficiencia y la productividad de las operadoras.

Majumdar (1995) estudia el impacto de la desregulación del mercado norteamericano de telecomunicaciones sobre la eficiencia de las operadoras de telefonía local a partir de la estimación no paramétrica de funciones frontera con técnicas de *análisis de la envolvente*. La eficiencia se evalúa en distintos momentos del tiempo comprendidos entre los años 1973 y 1987, período en el que paulatinamente fueron introduciéndose cambios en la regulación, tendentes a la liberalización de precios y de ciertos *servicios de valor añadido*; con carácter general, los resultados muestran que la liberalización ha ido acompañada de mejoras en la eficiencia de las operadoras. En otro trabajo reciente, Oniki, Oum, Stevenson y Zhang (1994) estudian la evolución de la *productividad total de los factores* de la empresa japonesa de telecomunicaciones *NTT* calculando un índice *Törnqvist* de productividad y analizan la influencia sobre su crecimiento de factores como la escala productiva o la liberalización del mercado; en particular, obtienen que en el período 1982-87, en el que se producen importantes avances en la desregulación del mercado japonés de telecomunicaciones, la liberalización es la principal fuente del avance de la productividad. Con este mismo enfoque metodológico, Fuss (1994) analiza el crecimiento de la productividad de las operadoras canadienses *Bell Canada* y *British Columbia Telephone* en la década de los ochenta, encontrando asi-

(1) Además de los efectos beneficiosos que cabe esperar de la desregulación, existen aspectos como la calidad o el acceso universal al servicio que deben ser objeto de preocupación desde una óptica económica y social [Kahn (1990); ver también Laffont y Tirole (1993) y Auriol (1998)].

mismo una estrecha relación entre el crecimiento de la productividad y la intensidad del proceso desregulador. Otros trabajos han estudiado la relación entre productividad y liberalización en las telecomunicaciones desde perspectivas diferentes; entre ellos, Cave (1997) y Cave y Williamson (1996) estudian la desregulación del mercado británico, mientras que Boles de Boer y Evans (1996) abordan el caso de Nueva Zelanda.

Esta investigación tiene como objetivo estudiar si existen diferencias en el crecimiento de la productividad de las empresas de telecomunicaciones de la OCDE que operan en mercados liberalizados y las pertenecientes a mercados no liberalizados. El interés de este planteamiento se ve reforzado por los profundos cambios que se están registrando en el marco normativo que regula el sector y por la necesidad de profundizar en el conocimiento de sus efectos. En el primer apartado se analizan las pautas seguidas por el proceso de liberalización de las telecomunicaciones; el epígrafe segundo explica la metodología; el apartado tercero describe las variables y las fuentes estadísticas, mientras que los epígrafes cuarto y quinto se dedican a la presentación de los resultados y las conclusiones, respectivamente.

1. LIBERALIZACIÓN Y COMPETENCIA EN EL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES

En el sector de las telecomunicaciones, la necesidad de la liberalización ha sido sometida a un debate que se inicia en la década de los ochenta y fruto del cual se producen los primeros avances. Algunos países han destacado por su anticipación en la aplicación de normas tendentes a la desregulación; entre ellos, Canadá, Estados Unidos², Japón y Reino Unido, como pioneros del proceso, seguidos, entre otros, por Australia, Chile, Dinamarca, Finlandia, México, Nueva Zelanda y Suecia. En un segundo grupo se encuentra el resto de países de la OCDE que hasta fechas recientes han mantenido, en lo fundamental, restricciones a la competencia. No obstante, en todos los casos la competencia se ha introducido de manera gradual, comenzando por los denominados *servicios de valor añadido* (vídeo conferencias, mensajería electrónica, entre los más destacados) y otros como el alquiler de líneas, la transmisión de datos y la telefonía móvil, dejando para el final la telefonía vocal fija, que aporta la mayor parte de los ingresos de las operadoras. Asimismo, en la mayoría de los mercados el proceso liberalizador ha sido llevado a cabo con grandes cautelas por parte del regulador, por lo que más que hablar del paso del monopolio a la libre competencia habría que referirse, al menos en sus primeras etapas, al paso de un *monopolio regulado* a una *competencia regulada* [Orr y Lefebvre (1993), Bergman y otros (1998)].

La pérdida de una buena parte de la validez económica del argumento de los rendimientos crecientes y el monopolio natural, habitualmente utilizado para justificar la provisión de los servicios de telecomunicaciones en régimen de monopolio [véanse, entre otros, los trabajos de Baumol (1977) y Baumol y Sidak (1994)],

(2) Baily (1993) considera que la productividad más elevada de las empresas estadounidenses de telecomunicaciones respecto a las europeas o japonesas es consecuencia del mayor grado de competencia que opera en el mercado norteamericano, que ha fomentado la eliminación de comportamientos ineficientes, impulsando a su vez el progreso técnico en el sector.

ha sido uno de los motivos que ha justificado la modificación del marco legal del sector³. Las razones que suelen apuntarse como determinantes del cambio en la estructura productiva de las telecomunicaciones son básicamente dos: el progreso técnico experimentado por estas actividades y la expansión de la demanda de servicios de comunicación. La confluencia de ambos aspectos ha posibilitado un importante crecimiento del sector⁴; además, hay que tener en cuenta que la importancia creciente de las telecomunicaciones radica, sobretudo, en el impacto que estas actividades pueden llegar a tener sobre las mejoras de eficiencia y competitividad del conjunto del sistema económico, y en último término en el crecimiento de la economía⁵.

La competencia en el sector de las telecomunicaciones que presenta un determinado mercado nacional ha de estar necesariamente referida a los distintos segmentos o submercados que lo integran, puesto que la intensidad de la desregulación no ha sido la misma para todos los servicios. La situación competitiva existente a finales del año 1995 en la provisión de los principales servicios de telecomunicaciones en los mercados a que pertenecen las operadoras estudiadas en este trabajo es la que recoge el cuadro 1. Utilizando como criterio básico de clasificación la situación competitiva en el segmento de telefonía vocal fija, es posible distinguir dos tipos de mercados nacionales, según se permita la competencia o no exista esa posibilidad; entre los primeros, *mercados liberalizados*, se encuentran Japón, Nueva Zelanda, Reino Unido, Suecia y Dinamarca⁶, mientras que los *mercados no liberalizados* son Bélgica, España, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Noruega y Suiza.

(3) Para una descripción más detallada de los cambios en las regulaciones nacionales y la evaluación de sus efectos, pueden consultarse, entre otros, los trabajos de Mitchell y Vogelsang (1991), Noam (1992), Nord y Pedersen (1995), Caballero y Álvarez (1995), Quirós (1998), Myro y Quirós (1999) y Comisión Europea (1999).

(4) El dinamismo de las telecomunicaciones queda reflejado en indicadores como el incremento de los ingresos de las principales operadoras de la OCDE que, considerando sólo las que concurren en todos los segmentos del mercado, asciende desde el 1,5 por ciento del PIB en 1980 al 2,3 por ciento en el año 1995 [OCDE (1997a)].

(5) Flores de Frutos y otros (1996) estiman que, partiendo de los niveles del año 1993, incrementos anuales del 10 por ciento de la inversión en el sector español de las telecomunicaciones conducirían a aumentos anuales medios en el período 1993-96 del 0,46 por ciento del PIB, el 1,26 por ciento de la inversión agregada de la economía y el 0,4 por ciento del empleo.

(6) Entre los mercados liberalizados, el danés es el que más recientemente se ha incorporado a ese proceso. No obstante, se ha considerado oportuno calificarlo como liberalizado puesto que los agentes suelen anticipar o descontar los cambios anunciados en el mercado, por lo que también los efectos esperados puede considerarse que se anticipan.

Cuadro 1: SITUACIÓN COMPETITIVA DE LOS MERCADOS DE TELECOMUNICACIONES. AÑO 1995⁽¹⁾

País	Telefonía vocal fija			Telefonía móvil		
	Local	Nacional	Internacional	Analógica	Digital	Alquiler de líneas
Bélgica	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Duopolio	Monopolio
Reino Unido	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia
Francia	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Duopolio	Competencia	Competencia
Japón	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia
Grecia	Monopolio	Monopolio	Monopolio	(2)	Duopolio	Monopolio
Suiza	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio
Irlanda	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Duopolio	Monopolio
Italia	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Duopolio	Monopolio
Nueva Zelanda	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia
Dinamarca	Competencia	Competencia	Competencia	Monopolio	Competencia	Competencia
España	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Duopolio	Monopolio
Noruega	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Monopolio	Duopolio	Monopolio
Suecia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia	Competencia

(1) Las calificaciones se refieren al estado de la legislación existente en cada país a finales del año 1995.

(2) Sin provisión.

Fuente: OCDE (1997a) y MDIS (varios años).

2. METODOLÓGIA

La aproximación más elemental al estudio de la productividad es el cálculo de la llamada *productividad aparente* de un factor, que se calcula como el cociente entre una medida del *output* y la cantidad de *input* utilizada para su obtención. Lo habitual es, no obstante, que la producción sea el resultado de la aplicación de un conjunto de factores, por lo que resulta más adecuado calcular un indicador de la *productividad total de los factores* que considera conjuntamente la contribución de todos los *inputs* al proceso productivo. El economista norteamericano Robert Solow fue el primero en proponer un método para obtener una medida de la productividad total de los factores [Solow (1957)]; en el análisis del cambio productivo ha sido habitual el cálculo de índices *Törnqvist* [Törnqvist (1936)] para cuantificar las variaciones en el nivel de *output* que no pueden ser explicadas por cambios meramente cuantitativos en el uso de los *inputs*. La principal ventaja de este índice de productividad es la facilidad con que puede ser obtenido; no obstante, los requerimientos de información son importantes, en la medida en que se precisa disponer de datos sobre precios y cantidades de *inputs* y *outputs* y, además, su cálculo se basa en supuestos que en ocasiones pueden resultar demasiado restrictivos. En particular, se asume que las unidades productivas se encuentran siempre sobre sus fronteras tecnológicas, excluyéndose la posibilidad de que existan ineficiencias en la producción; así, la totalidad de los avances de la productividad total de los factores se atribuye al progreso tecnológico.

En presencia de ineficiencias productivas una mejora en la eficiencia puede constituir también una importante fuente de avance de la productividad sin necesidad de que se produzca cambio técnico; del mismo modo, una mejora en la tecnología no tiene necesariamente que ir acompañada por un aumento de productividad si paralelamente se ha registrado una pérdida de eficiencia productiva [Nishimizu y Page (1982)]. Aceptando que es posible descomponer el cambio productivo en el resultado del progreso tecnológico y las variaciones en los niveles de eficiencia, el cambio técnico desplazaría la frontera de producción, permitiendo la obtención de un mayor producto sin modificar la cantidad de factores aplicados, mientras que el nivel de eficiencia o posición relativa respecto a la frontera tecnológica respondería a la capacidad específica de una empresa (sector o economía en su conjunto) para gestionar su propio proceso productivo y, en particular, para incorporar el progreso tecnológico en su función de producción. En la literatura, es habitual suponer que el progreso tecnológico responde a un conjunto de innovaciones y cambios en las técnicas de producción asequible para todas las empresas y economías⁷, mientras que la eficiencia productiva puede diferir entre empresas (sectores o economías), no sólo como consecuencia de las diferentes capacidades de gestión interna, sino también influida por una serie de variables de entorno entre las que se encontrarían algunas tan relevantes como el grado de competencia imperante en los mercados o, estrechamente ligado con éste, el marco institucional en el que se desenvuelva la actividad económica.

(7) El supuesto de que los cambios en la frontera de producción resultan alcanzables para todas las empresas es razonable en el sector de las telecomunicaciones, aunque puede no ser aplicable de manera generalizada.

El cambio productivo puede ser también obtenido a través del cálculo de *índices Malmquist* de productividad⁸; esta aproximación metodológica solamente requiere disponer de información sobre las cantidades de *inputs* y *outputs*, y una de sus principales ventajas es que permite descomponer el cambio de la productividad en sus elementos determinantes [Grifell-Tatjé y Lovell (1995)]. Inicialmente, el índice *Malmquist* fue planteado en el contexto de la teoría del consumidor [Malmquist (1953)], aunque Moorsteen (1961) no tardó en utilizarlo para calcular en qué medida una empresa podría deflactar su consumo de un *input* en un período determinado, para alcanzar su nivel de *output* observado en otro momento distinto del tiempo. Caves, Christensen y Diewert (1982a, b) (CCD en lo sucesivo) sugieren su uso para realizar comparaciones entre observaciones de los niveles de *output*, *input* y productividad⁹, aunque en su planteamiento se sigue excluyendo la posibilidad de que las unidades productivas muestren comportamientos ineficientes. Este último supuesto es considerado por Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos (1989, 1994), en un trabajo posteriormente popularizado por Färe, Grosskopf, Norris y Zhang (1994) (FGNZ de aquí en adelante), que relacionan los índices *Malmquist* de productividad con las medidas de eficiencia de *Farrell* [Farrell (1957)], y proponen la descomposición del crecimiento de la productividad de una misma observación en el resultado del cambio técnico y las variaciones en los niveles de eficiencia técnica¹⁰.

CCD (1982b) desarrollaron dos tipos distintos de enfoque para medir las diferencias de productividad. El primero, que conduce a la obtención de índices *Malmquist* de productividad basados en el *output*, considera las diferencias de productividad como las diferencias en el máximo *output* alcanzable dado un determinado nivel de *inputs*; la segunda aproximación trata las "... diferencias de productividad como las diferencias en el mínimo requerimiento de *inputs* condicionado a un determinado nivel de *outputs*" (pág. 1.401), dando lugar al índice *Malmquist* de productividad basado en el *input*. En esta investigación se opta por el cálculo de índices *Malmquist* de productividad basados en el *input*, fundamentalmente por dos motivos. En primer lugar, las empresas de telecomunicaciones han estado habitualmente limitadas por condiciones de demanda (amplitud de los mercados nacionales), por lo que resulta más conveniente interpretar la eficiencia en su gestión como la capacidad para ajustar el consumo de factores para un volumen de producción determinado; además, la medida de eficiencia de *Farrell* ahorradora de *inputs* tiene más propiedades deseables que la asociada al aumento de *outputs* [Färe y Lovell (1978)].

(8) Un *survey* reciente sobre los índices *Malmquist* de productividad es Färe, Grosskopf y Roos (1998).

(9) CCD (1982b), refiriéndose a las observaciones objeto de comparación, sugieren que "...podrían ser, de hecho, la misma empresa en dos momentos diferentes del tiempo o dos empresas diferentes en el mismo o distintos puntos temporales" (pág. 1.394).

(10) Con anterioridad, Nishimizu y Page (1982) habían descompuesto el cambio en la productividad de la industria yugoslava durante el período 1965-78 en el resultado del cambio técnico y de las variaciones en la eficiencia técnica, estimando por métodos de programación matemática una función de producción *translog*; Bauer (1990) también realiza esta descomposición considerando la existencia de ineficiencias en costes. Sin embargo, FGNZ evitan la necesidad de suponer una determinada forma funcional para la tecnología utilizando una aproximación no paramétrica.

Para ilustrar el cálculo de un índice *Malmquist* de productividad basado en el *input*, supongamos que la *tecnología* en un momento t puede ser caracterizada por la correspondencia $P^t: \mathfrak{R}_+^N \Rightarrow \mathfrak{R}_+^M$, que transforma un vector de *inputs* $x^t \in \mathfrak{R}_+^N$ en un vector de *outputs* $y^t \in \mathfrak{R}_+^M$, esto es:

$$P^t = \left[(x^t, y^t) / x^t \text{ puede producir } y^t \right] \quad [1]$$

Asumiendo que la tecnología cumple los axiomas inicialmente propuestos por Shephard (1970) [ver también Grosskopf (1986)], una forma alternativa de caracterizar la referencia tecnológica es a partir de la *función distancia en inputs*, definida como:

$$D_i^t(x^t, y^t) = \text{Sup} \left[\varphi_i^t / ((\varphi_i^t)^{-1} x^t, y^t) \in P^t \right] = \text{Inf} \left[\varphi_i^t / (\varphi_i^t x^t, y^t) \in P^t \right]^{-1} \quad [2]$$

Esta función mide la máxima deflación a la que sería necesario someter el vector de *inputs* x^t para que, manteniendo el nivel de *outputs* en y^t , el vector resultante se situase sobre la frontera tecnológica del momento t , y es igual a la recíproca de la medida de eficiencia técnica en *inputs* de Farrell [Farrell (1957) y Färe y Lovell (1978)]. La distancia en *inputs* ha de ser mayor o igual a la unidad; un valor superior a uno significa que se podría producir el mismo vector de *outputs* reduciendo proporcionalmente el consumo de todos los *inputs* hasta situarse en la frontera eficiente, simplemente mejorando la eficiencia técnica. Eficiencia técnica en el sentido de Farrell requiere, por tanto, que el valor obtenido para la función distancia sea igual a la unidad. El gráfico 1 permite ilustrar estos conceptos para una tecnología caracterizada por el uso de un único *input* y la producción de un *output*.

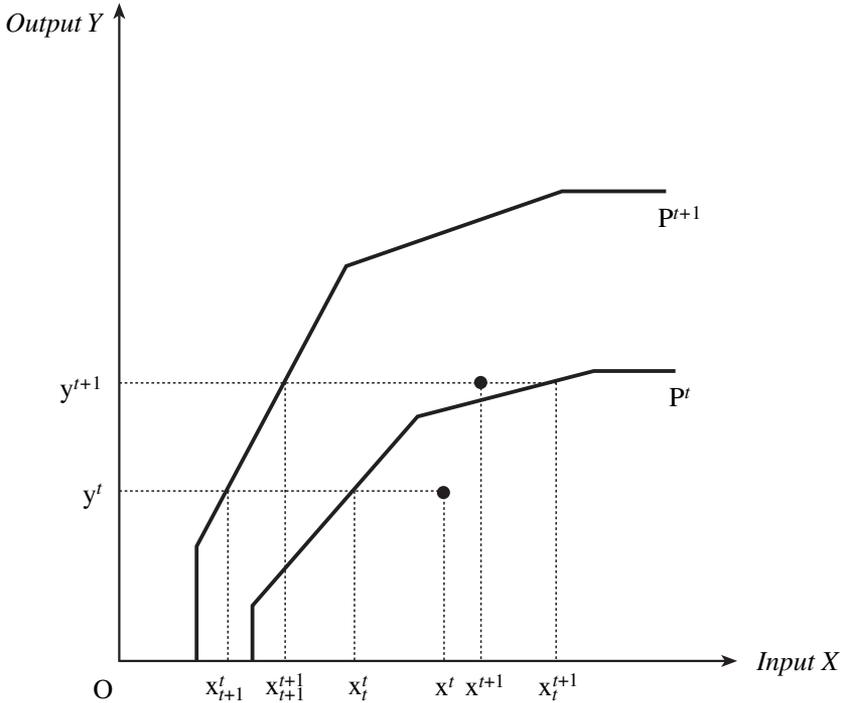
Utilizando como referencia la tecnología existente en el período t , el plan productivo representado por el punto (y^t, x^t) es técnicamente ineficiente puesto que está situado por debajo de la frontera tecnológica existente en ese momento, que se correspondería con la envolvente superior del *conjunto de posibilidades de producción* P^t . La distancia en *inputs* de esta observación respecto a la frontera vendría dada por la *ratio* entre el consumo efectivo del *input* x , representado por x^t , y el mínimo necesario para alcanzar el nivel de producción y^t , obtenido a partir de la proyección horizontal de x^t sobre la frontera tecnológica en t , punto que hemos denominado x_i^{t1} , esto es, $\varphi_i^t = x^t / x_i^t$. En virtud de la relación de reciprocidad entre la función distancia y el índice de *eficiencia técnica en inputs* de Farrell, la expresión analítica de este último sería:

$$EF_i^t = (\varphi_i^t)^{-1} = x_i^t / x^t \quad [3]$$

La obtención del índice *Malmquist* de productividad requiere el cálculo de la distancia de una observación respecto a la frontera tecnológica contemporánea,

(11) Como criterio general a observar en la nomenclatura, el superíndice de una variable se refiere al momento del tiempo al que corresponde la observación, mientras que el subíndice indica el período al que pertenece la referencia tecnológica con respecto a la que se compara.

Gráfico 1



pero también en relación a la frontera existente en otro momento del tiempo. La distancia en *inputs* de la observación en $t + 1$ representada por (x^{t+1}, y^{t+1}) respecto a la tecnología existente en el período t es¹²:

$$\begin{aligned}
 D_t^t(x^{t+1}, y^{t+1}) &= \text{Sup} \left[\varphi_t^{t+1} / ((\varphi_t^{t+1})^{-1} x^{t+1}, y^{t+1}) \in P^t \right] = \\
 &= \text{Inf} \left[\varphi_t^{t+1} / ((\varphi_t^{t+1} x^{t+1}, y^{t+1}) \in P^t \right]^{-1}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

En este caso, estaríamos buscando la *variación* proporcional de los elementos del vector de *inputs* x^{t+1} que, manteniendo el nivel de *output* y^{t+1} , situaría el vector resultante sobre la frontera tecnológica en el momento t . La distancia en *inputs* de la expresión [4] ya no tiene porque ser necesariamente mayor o igual a la unidad,

(12) Similarmente se podría obtener la distancia en *inputs* de una observación en cualquier momento del tiempo respecto a la tecnología existente en otro período.

puesto que, como es el caso representado por el gráfico 1, el cambio técnico puede situar a una observación correspondiente a un determinado momento del tiempo por encima de la frontera tecnológica existente en un período distinto.

Las funciones distancia de las expresiones [2] y [4] permiten construir el *índice Malmquist de productividad en inputs* de CCD que, basado en la tecnología del período t , se formula como:

$$M_t^i(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_t^i(x^t, y^t)}{D_t^i(x^{t+1}, y^{t+1})} \quad [5]$$

Este índice tomará un valor superior a uno si ha existido un incremento de productividad entre los períodos t y $t + 1$, puesto que la deflación del vector de *inputs* x^t necesaria para situar a la observación (x^t, y^t) en la frontera de tecnológica del momento t es superior a la deflación a que habría que someter al vector de *inputs* x^{t+1} para ubicar el plan productivo (x^{t+1}, y^{t+1}) en esa misma frontera. Lo contrario sucedería si la expresión [5] alcanzase un valor inferior a la unidad.

El índice *Malmquist* de productividad puede también obtenerse sobre la base de la tecnología existente en el momento $t + 1$ como:

$$M_t^{t+1}(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_t^{t+1}(x^t, y^t)}{D_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \quad [6]$$

La elección de una u otra tecnología de referencia puede convertirse en una cuestión relevante en función del período y el tipo de sector estudiado; cuando el período que se analiza es corto o se pretende investigar un sector con escaso cambio técnico, puede establecerse una tecnología fija como referencia para obtener el cambio productivo. Este puede ser, sin embargo, un supuesto inadecuado si se pretende estudiar un largo período de tiempo o el sector analizado se caracteriza por un rápido cambio tecnológico. FGNZ proponen el cálculo de un índice *Malmquist* de productividad como la media geométrica de los dos índices de las expresiones [5] y [6], de manera que la tecnología de referencia cambia con el tiempo¹³. Este índice puede formularse como:

$$M_t^{t,t+1}(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\left(\frac{D_t^i(x^t, y^t)}{D_t^i(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_t^{t+1}(x^t, y^t)}{D_t^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \right]^{1/2} \quad [7]$$

expresión que, tras algunas transformaciones, puede ser reescrita en los siguientes términos:

(13) Una alternativa es especificar una tecnología secuencial, de forma que la frontera tecnológica en un momento del tiempo se construye en relación a las observaciones sobre *inputs* y *outputs* de ese momento y de todos los años anteriores [Tulkens y Vanden Eeckaut (1995)]. Con esta especificación de la tecnología se asume que el conocimiento se acumula en el tiempo y se excluye la posibilidad de que exista regreso técnico; asimismo, permite solucionar posibles problemas en la obtención de resultados cuando el número de observaciones es reducido [Arocena y Rodríguez (1998)].

$$M_i^{t,t+1}(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\left(\frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_i^t(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} * \left(\frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \quad [8]$$

La propuesta de FGNZ permite 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 término:

$$CTE = \left[\left(\frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_i^t(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad [9]$$

y de las modificaciones en la posición relativa respecto a la frontera tecnológica o *cambio en eficiencia*, representado por:

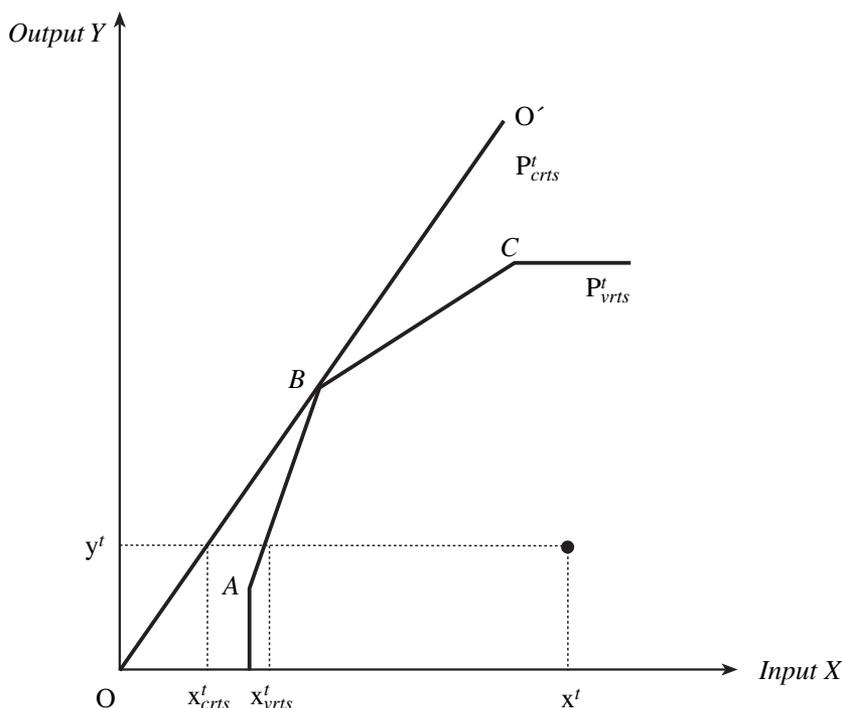
$$CEF = \frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \quad [10]$$

La expresión [9] mide el efecto sobre la productividad del cambio técnico, y un valor por encima de uno significa que ha existido un progreso técnico que ha favorecido el avance de la productividad. El término [10] recoge, por su parte, los cambios en la eficiencia productiva y su interpretación resulta bastante intuitiva puesto que un valor superior a la unidad indica que la distancia en *inputs* de una observación en t respecto a su frontera contemporánea es superior a esa misma distancia en $t + 1$, habiéndose conseguido por tanto un acercamiento a la frontera tecnológica o mejora en la eficiencia técnica.

El índice *Malmquist* de productividad y su descomposición pueden obtenerse, en principio, en relación a cualquier tipo de rendimientos a escala. FGNZ proponen caracterizar a la tecnología por la existencia de rendimientos constantes a escala (*crts* en lo sucesivo); posteriormente, sugieren la descomposición del cambio en eficiencia en un índice de cambio en eficiencia técnica pura, calculado respecto a una tecnología con rendimientos variables a escala (*vrts* de aquí en adelante) y un componente residual que recoge los cambios en la eficiencia de escala [Färe, Grosskopf y Lovell (1994)]. La consideración de distintos supuestos acerca de las propiedades de escala de la tecnología permite, en consecuencia, abordar la descomposición del cambio en eficiencia. El gráfico 2 representa la tecnología bajo los supuestos de rendimientos constantes y variables a escala, nuevamente para una tecnología caracterizada por la producción de un *output* a partir de un único *input*.

La frontera tecnológica con rendimientos constantes a escala es la envolvente del conjunto de posibilidades de producción P_{crts}^t , y está definida por el segmento que tiene su origen en O y pasa por el punto B que representa la *escala más productiva* [Banker (1984)]; si se supone la existencia de rendimientos variables, la frontera tecnológica sería la envolvente superior de P_{vrts}^t , limitada en este caso por el segmento ABC y la extensión horizontal a partir de este último punto. Comparando el plan productivo (x^t, y^t) respecto a la frontera con rendimientos constan-

Gráfico 2



tes, éste aparece como técnicamente ineficiente en la medida en que se podría reducir el consumo del *input* manteniendo el nivel de producción; esta ineficiencia técnica es en parte el resultado del exceso en el consumo de factores que resultaría de comparar (x^t, y^t) con la frontera obtenida bajo rendimientos variables, pero también es debida a una escala de producción no óptima.

La eficiencia de escala en *inputs* puede obtenerse como el cociente entre la distancia en *inputs* sobre la frontera con rendimientos variables y rendimientos constantes, esto es¹⁴:

$$EFES'_i(x^t, y^t) = \frac{D'_i(x^t, y^t \mid vrts)}{D'_i(x^t, y^t \mid crts)} \quad [11]$$

(14) Al haberse introducido supuestos alternativos sobre los rendimientos a escala, a partir de este momento las funciones distancia aparecen condicionadas al tipo de rendimientos con que se caracteriza a la tecnología.

Un valor de la expresión [11] más cercano a uno es indicativo de una eficiencia de escala más elevada, esto es, una mayor proximidad al tamaño óptimo o escala más productiva¹⁵.

El cambio de eficiencia de la expresión [10] obtenido bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala recoge variaciones en la eficiencia técnica global; la definición del concepto de eficiencia de escala permite descomponer este cambio en el resultado de las variaciones en la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala, tal como muestra la siguiente expresión¹⁶:

$$CEF = \left(\frac{D_i^t(x^t, y^t | vrts)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | vrts)} \right) * \left(\frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | vrts) / D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | crts)}{D_i^t(x^t, y^t | vrts) / D_i^t(x^t, y^t | crts)} \right) \quad [12]$$

donde el elemento de cambio en la *eficiencia técnica pura* es:

$$CEFTP = \left(\frac{D_i^t(x^t, y^t | vrts)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | vrts)} \right) \quad [13]$$

y el componente de cambio en la *eficiencia de escala* viene dado por:

$$CEFES = \left(\frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | vrts) / D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | crts)}{D_i^t(x^t, y^t | vrts) / D_i^t(x^t, y^t | crts)} \right) = \left(\frac{EFES_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{EFES_i^t(x^t, y^t)} \right) \quad [14]$$

La interpretación del cambio en *eficiencia técnica pura* de la expresión [13] es similar al correspondiente a la expresión [10], pero en este caso las funciones distancia están calculadas respecto a una frontera tecnológica con *vrts*. El componente de cambio en *eficiencia de escala* de la expresión [14] es una medida de los cambios en la escala de operaciones en relación al tamaño óptimo; su valor será superior a uno cuando se haya producido un acercamiento a la escala más productiva.

El problema de las descomposiciones en general, y del índice *Malmquist* de productividad, en particular, es que no son únicas [Färe y Grosskopf (2000)]. Como se ha mostrado, el cambio técnico de FGNZ corresponde a los desplazamientos en el tiempo de la frontera tecnológica con *crts*, mientras que para la descomposición de las variaciones de eficiencia en un elemento de eficiencia técnica pura y otro de eficiencia de escala se utiliza una frontera caracterizada por *vrts*. En relación a este planteamiento, Ray y Desli (1997) (RD en lo sucesivo) argumentan que el uso de los supuestos de *crts* y *vrts* en la misma descomposición

(15) El índice de eficiencia de escala de la observación (x^t, y^t) en el gráfico 2 sería:

$$EFES_i^t(x^t, y^t) = \frac{x^t / x_{vrts}^t}{x^t / x_{crts}^t} = \frac{x_{crts}^t}{x_{vrts}^t}$$

(16) Färe, Grosskopf y Roos (1998) proponen también una descomposición del elemento de cambio técnico del índice *Malmquist* de productividad.

puede conducir a un problema de *inconsistencia interna*. Concretamente, afirman que si la tecnología se caracteriza por *crts*, el elemento de cambio técnico de FGNZ refleja adecuadamente el desplazamiento de la frontera, pero bajo este supuesto no existen efectos de escala; por otro lado, si la tecnología está caracterizada por *vrts*, el cambio técnico de FGNZ no está reflejando de manera adecuada el desplazamiento de la frontera.

RD coinciden con FGNZ en obtener el índice *Malmquist* de productividad con el supuesto de *crts*, pero proponen una manera alternativa de realizar su descomposición que conduce a resultados diferentes en relación a los elementos de cambio técnico y cambio en eficiencia de escala; la medida del cambio en eficiencia técnica pura es la misma en ambas descomposiciones. RD proponen calcular el cambio técnico respecto a una tecnología caracterizada por la existencia de *vrts*, mientras que la medida del cambio de escala se obtiene como la media geométrica de las *ratios* de eficiencia de escala en t y $t + 1$ usando en cada caso como referencia la tecnología de ambos períodos.

La naturaleza de la tecnología y, más en particular, sus propiedades de escala, constituye el elemento central que diferencia las propuestas de FGNZ y RD¹⁷. Sin embargo, la *verdadera* tecnología es desconocida y, como apuntan Färe, Grosskopf y Norris (1997) (FGN en lo sucesivo), los supuestos de *crts* o *vrts* constituyen referencias alternativas pero "... no requieren que los datos satisfagan uno u otro supuesto tecnológico" (pág. 1.040). La productividad en la frontera tecnológica con *crts* coincide con la máxima productividad media asociada a la *escala más productiva*, y ello permite interpretar el cambio técnico de FGNZ como un problema de largo plazo que mide la variación en la máxima productividad media; esta interpretación, como apuntan FGN, sería válida incluso si la *verdadera* tecnología estuviese caracterizada por la presencia de *vrts*. FGN muestran, asimismo, que el componente de cambio en eficiencia de escala de la descomposición de RD puede conducir a resultados que no reflejen las verdaderas propiedades de los datos en cuanto a sus rendimientos a escala [ver también Färe, Grosskopf y Roos (1998)]. Adicionalmente, bajo el supuesto de *vrts* existe la posibilidad de que algunas de las distancias necesarias para obtener la descomposición de RD, en particular aquellas en las que una observación en un período se compara respecto a la frontera tecnológica existente en otro momento, no puedan obtenerse¹⁸.

En esta investigación se utiliza la descomposición propuesta por FGNZ. La consideración del supuesto de *crts* no implica que se esté asumiendo que ésta es la *verdadera*, aunque *desconocida*, tecnología en el sector de las telecomunicacio-

(17) Grifell-Tatjé y Lovell (1999) muestran, asimismo, las notables diferencias que a nivel aplicado pueden surgir entre ambas descomposiciones.

(18) En la aplicación empírica de RD, realizada sobre la misma muestra de diecisiete países de la OCDE utilizada por FGNZ y para el mismo período temporal, el cambio técnico de Irlanda no puede ser obtenido. RD apuntan al respecto que este no es un problema de su descomposición, sino que constituye una limitación del análisis de la envolvente utilizado por FGNZ para calcular las distancias, y podría soslayarse parametrizando la función distancia y estimándola económicamente o a través de técnicas de programación matemática. Sin embargo, la necesidad de parametrizar y estimar la función distancia puede imponer problemas adicionales, sobre todo cuando el número de observaciones es reducido.

nes, sino que constituye una referencia tecnológica que permite, entre otras cosas, una interpretación razonable del cambio técnico como el desplazamiento de la máxima productividad media asociada a la escala más productiva; además, este supuesto no excluye la posibilidad de que la verdadera tecnología exhiba *vrts*. Asimismo, la propuesta de FGNZ evita la posibilidad de que los resultados obtenidos en cuanto a la eficiencia de tamaño puedan no estar reflejando adecuadamente las propiedades de escala de los datos.

Las funciones distancia requeridas para el cálculo del índice *Malmquist* de productividad han sido obtenidas utilizando el *análisis de la envolvente*¹⁹; esta aproximación metodológica presenta, además de otras cualidades, la ventaja de su flexibilidad, al no imponer forma funcional alguna para la frontera tecnológica, que se construye a partir de las observaciones eficientes y sus combinaciones lineales. Entre sus limitaciones más relevantes se encuentra su propio carácter determinístico que no permite incorporar la posible influencia de factores aleatorios en la obtención de las funciones distancia e impide el contraste estadístico de hipótesis sobre los resultados obtenidos²⁰.

El uso del *análisis de la envolvente* para el cálculo de funciones distancia puede ilustrarse suponiendo que contamos con un conjunto de $k = 1, \dots, K$ unidades productivas que en cada momento del tiempo t utilizan un vector de *inputs* $x^{k,t} = (x_1^{k,t}, \dots, x_N^{k,t})_{(N \times 1)} \in \mathfrak{R}_+^N$ para obtener el vector de *outputs* $y^{k,t} = (y_1^{k,t}, \dots, y_M^{k,t})_{(M \times 1)} \in \mathfrak{R}_+^M$. Además, $X^t = (x^{1,t}, \dots, x^{K,t})_{(N \times K)}$ representa la matriz de *inputs* para el conjunto de productores en el período t , mientras que $Y^t = (y^{1,t}, \dots, y^{K,t})_{(M \times K)}$ es la correspondiente matriz de *outputs*; finalmente, el vector $z^t = (z^{1,t}, \dots, z^{K,t})_{(K \times 1)}$ representa la intensidad con que cada actividad productiva es considerada en la construcción de la frontera. La distancia en *inputs* de una unidad productiva k respecto a una frontera tecnológica de referencia se puede calcular a partir de la resolución de un programa de optimización matemática en el que se considere la propiedad de reciprocidad entre la función distancia y el índice de eficiencia técnica de *Farrell*; en el siguiente programa se calcula la distancia de la observación k correspondiente al período t respecto a la frontera tecnológica existente en ese mismo momento del tiempo t^{21} :

$$\begin{aligned} & \left[D_i^t(x^{k,t}, y^{k,t}) \right]^{-1} = \text{Min } \varphi_i^{k,t} \\ & \text{s.a.} \\ & y^{k,t} \leq Y^t z^t \quad (i) \\ & X^t z^t \leq \varphi_i^{k,t} x^{k,t} \quad (ii) \\ & z^t \in \mathfrak{R}_+^K \quad (iii) \end{aligned} \quad [15]$$

(19) Conocido en la literatura como "Data Envelopment Analysis" (DEA). El lector poco familiarizado con esta metodología puede consultar Charnes, Cooper, Lewin y Seiford (1997).

(20) Grifell-Tatjé, Lovell y Pastor (1998) plantean también el problema que puede suponer el uso de medidas radiales de eficiencia para calcular el índice *Malmquist* de productividad cuando existen *slacks* en las variables, y proponen un índice de productividad denominado *quasi-Malmquist* que incorpora estas circunstancias en el análisis.

(21) Para obtener la distancia en $t + 1$ respecto a la tecnología de ese mismo período bastaría con sustituir en [15] el término t por $t + 1$.

El programa de optimización matemática para obtener la distancia en *inputs* de una observación en t respecto a la frontera tecnológica existente en $t + 1$ sería²²:

$$\begin{aligned} & \left[D_t^{t+1}(x^{k,t}, y^{k,t}) \right]^{-1} = \text{Min } \varphi_{t+1}^{k,t} \\ & \text{s.a.} \\ & y^{k,t} \leq Y^{t+1} z^{t+1} \quad (i) \\ & X^{t+1} z^{t+1} \leq \varphi_{t+1}^{k,t} x^{k,t} \quad (ii) \\ & z^{t+1} \in \mathfrak{R}_+^K \quad (iii) \end{aligned} \quad [16]$$

En las expresiones [15] y [16] se ha impuesto la restricción de que la tecnología presente rendimientos constantes a escala; las distancias respecto a una tecnología con rendimientos variables a escala pueden obtenerse introduciendo la restricción adicional de que la suma de los elementos del vector de intensidades sea igual a la unidad [ver Afriat (1972) y Banker, Charnes y Cooper (1984)]. Una vez detectadas ineficiencias de escala, es posible identificar si éstas están provocadas por rendimientos crecientes o decrecientes observando el valor numérico del sumatorio de los elementos del vector de intensidades obtenido al resolver el programa [15] con rendimientos constantes [Banker (1984)]; un valor inferior a uno es indicativo de rendimientos crecientes, mientras que un sumatorio igual o mayor a la unidad indica rendimientos decrecientes.

3. FUENTES ESTADÍSTICAS

Esta investigación se basa en una muestra de trece operadoras de telecomunicaciones pertenecientes a otros tantos países de la OCDE. La mayor parte de la información estadística proviene de las *Memorias* que con carácter anual publican las empresas, aunque también se han utilizado otras fuentes procedentes de la *Unión Internacional de Telecomunicaciones*, la consultora británica MDIS y la OCDE. El estudio se realiza para el período comprendido entre los años 1990 y 1995. Esta etapa constituye una referencia válida para analizar la trayectoria de la productividad y los efectos que sobre ésta haya podido tener la liberalización de los mercados de telecomunicaciones, ya que coexisten empresas en entornos de competencia con otras operando en mercados monopolistas; ello permite evaluar los posibles comportamientos diferenciales.

La relación de las empresas que componen la muestra aparece en el cuadro 2, donde además se indica el país de pertenencia y las cuotas de participación en sus respectivos mercados nacionales en el año 1995 para las llamadas nacionales de larga distancia y las llamadas internacionales, indicadores ambos de su posición competitiva. Estas operadoras son dominantes en sus mercados nacionales, y en la mayoría de los casos coinciden con el anterior monopolista (o el existente en

(22) El cálculo de la distancia en $t + 1$ en relación a la tecnología en t requeriría la sustitución en la expresión [16] de t por $t + 1$ y viceversa.

**Cuadro 2: MUESTRA DE EMPRESAS Y CUOTAS DE PARTICIPACIÓN
EN SUS MERCADOS NACIONALES EN 1995. PORCENTAJES**

Empresa	País	LLlamadas nacionales de larga distancia	Llamadas internacionales
Belgacom	Bélgica	100	100
British Telecom	Reino Unido	81	70
France Télécom	Francia	100	100
NTT	Japón	68	66
OTE	Grecia	100	100
PTT Suisse	Suiza	100	100
Telecom Eireann	Irlanda	100	100
Telecom Italia	Italia	100	100
Telecom NZ	Nueva Zelanda	78	79
Teledanmark	Dinamarca	(1)	(1)
Telefónica	España	100	100
Telenor	Noruega	100	100
Telia	Suecia	95	80

(1) No disponible.

Fuente: OCDE (1997b).

el período analizado, si la situación era todavía de monopolio). En algún caso, los datos corresponden a la empresa matriz y en otros son los consolidados del grupo; se ha contrastado, sin embargo, que la consideración de cifras referentes a la matriz o al grupo (en aquellos casos en que se disponía de ambos tipos de información) no modifica significativamente los resultados obtenidos²³. El resultado final de la muestra en cuanto a las empresas que la integran ha venido condicionado por criterios de disponibilidad estadística y de homogeneidad de las variables representativas de la actividad productiva.

La caracterización de la actividad productiva de las empresas de telecomunicaciones se ha realizado a través de la consideración de un *output* y tres factores productivos: trabajo y capital como *inputs* primarios, y materiales como *input* intermedio. La necesidad de agregar en una única categoría el *output* de las operadoras responde, de nuevo, a criterios de homogeneidad y surge del elevado número

(23) Esto puede encontrar una explicación en el hecho de que en las telecomunicaciones el proceso de internacionalización y separación de actividades en sociedades pertenecientes a un mismo grupo aunque jurídicamente independientes se ha producido fundamentalmente en la segunda mitad de los noventa.

ro de empresas y diversidad de mercados nacionales considerados²⁴. La medida del *output* se ha obtenido a partir de los ingresos de explotación de las operadoras que figuran en sus *Memorias Anuales*²⁵. Sin embargo, dada la disparidad de precios existente entre los diferentes mercados a que pertenecen las empresas de la muestra, un mismo volumen de ingresos podría corresponder a niveles muy distintos de prestación del servicio. Para corregir este sesgo, los ingresos de cada operadora han sido transformados en cestas comunes de servicios de telecomunicaciones dividiéndolos por el precio que en su mercado tendría una cesta homogénea de servicios [OCDE (1990)]; con ello se obtiene una medida del número de cestas homogéneas que correspondería al nivel de ingreso de la empresa.

El concepto de capital relevante en los análisis de productividad es el *stock* de capital productivo que es el que realmente presta los servicios a considerar como *input* en la función de producción, y no, como en ocasiones suele utilizarse, el *stock* de capital neto, que, por el contrario, constituye una medida de la riqueza de la empresa [Triplett (1996)]. El método del inventario permanente [ver OCDE (1992)] permite obtener el *stock* de capital productivo existente en un determinado momento del tiempo agregando las inversiones pasadas que todavía se encuentran en uso, previamente ponderadas por un parámetro de eficiencia que, comprendido entre los valores cero y uno, permite considerar el hecho de que los nuevos activos son más productivos que los que ya llevan un determinado tiempo incorporados al *stock* de capital. En la práctica, la estimación del *stock* de capital en términos de su eficiencia o capacidad productiva se encuentra, sin embargo, limitada por la inexistencia de estimaciones consistentes de funciones de eficiencia tecnológica a partir de las que obtener las ponderaciones o parámetros que permiten valorar las inversiones pasadas en términos de su capacidad productiva actual; en su lugar, todavía deben utilizarse las existentes para el cálculo del *stock* de capital neto. Siendo I_t la inversión bruta realizada en el período t , M la máxima vida útil de los bienes de capital, s_i la parte de los activos adquiridos en $t-i$ que todavía se encuentran en uso en t y, finalmente, δ un coeficiente de eficiencia, el *stock* de capital productivo en el momento t de las operadoras de la muestra se ha aproximado de acuerdo a la expresión:

$$K_t = \sum_{i=0}^M I_{t-i} s_i (1 - \delta)^i \quad [17]$$

Las series de inversión utilizadas abarcan el período 1964-95, proceden de la *Unión Internacional de Telecomunicaciones* (1996) y de las *Memorias Anuales* de

(24) Una revisión de la literatura pone de manifiesto que en los trabajos que han estudiado la eficiencia en el sector de las telecomunicaciones, la elección del número de *outputs* ha dependido del número de empresas y mercados analizados [por ejemplo, ver Foreman-Peck y Manning (1988) y Majumdar (1995)].

(25) La utilización de los ingresos como medida del *output* es habitual en los estudios sobre el sector [ver Denny, Fuss y Waverman (1981), Fuss (1994), Oniki y otros (1994) o Boles de Boer (1995), entre los más destacados]. Otros trabajos han medido el producto en términos físicos utilizando el número de llamadas como *proxy* [Majumdar (1995) y Solimene (1994)]; sin embargo, esta medida no queda exenta de problemas desde el momento en que deja fuera un importante conjunto de servicios que no se refleja en el número de llamadas, a la vez que tampoco considera su duración.

las empresas, y han sido transformadas a términos constantes con el deflactor implícito del PIB. En cuanto a la supervivencia de los activos de capital, pueden realizarse diferentes hipótesis; la más sencilla es suponer que se retiran en el momento en que han alcanzado su vida media²⁶. Sin embargo, es más razonable pensar que, bien por razones técnicas (destrucción o daños irreparables) o económicas (aparición de nuevas tecnologías), algunos activos de capital serán retirados antes de alcanzar su vida media, mientras que otros permanecerán en uso aún después de haberla rebasado. En los estudios recientes sobre la estimación del *stock* de capital en los países de la OCDE, se ha generalizado el uso de la función de supervivencia *Winfrey* que permite que los retiros de activos de capital tengan lugar a tasas crecientes alrededor de su vida media [Winfrey (1935)]. En esta investigación se utiliza la función *Winfrey S-3*, que es una función simétrica similar a la distribución normal con la particularidad de que las colas no son asintóticas. Con esta función de supervivencia los retiros antes del 45 por ciento de la vida media y después del 155 por ciento de dicha vida son prácticamente despreciables, por lo que la distribución se ha truncado en estos puntos repartiendo las frecuencias de las colas proporcionalmente a cada uno de los restantes intervalos [Más, Pérez y Uriel (1999)]; ello da lugar a la función *Winfrey S-3 truncada*²⁷.

La vida media útil es el período de tiempo durante el cual se espera que los activos permanezcan incorporados al *stock* de capital y se ha considerado igual a diez años; este supuesto se basa en las estimaciones disponibles para las telecomunicaciones [OCDE (1992)], que han sido corregidas a la baja dado que el notable progreso técnico experimentado recientemente por el sector hace pensar en una reducción de las expectativas de vida del *stock* de capital en las empresas de telecomunicaciones. Suponiendo una vida media de diez años y una función de supervivencia *Winfrey S-3 truncada*, la duración máxima de los activos de capital es igual a dieciséis años²⁸; en consecuencia, dado que las series de inversión utilizadas arrancan del año 1964, la estimación de la serie de *stock* de capital para el período 1990-95 se puede obtener a partir de la acumulación de inversiones pasadas sin la necesidad de utilizar una dotación inicial de capital²⁹. Finalmente, se ha supuesto que la capacidad productiva de los activos de capital decrece geométricamente a una tasa constante medida por el coeficiente de eficiencia δ [Hulten (1990)], que ha sido aproximado a partir del cociente entre la dotación a amortizaciones y el valor del inmovilizado material bruto, variables ambas procedentes de las *Memorias Anuales* de las empresas³⁰; la falta de esta información para tres

(26) Ello equivaldría a utilizar una función de supervivencia de salida simultánea o muerte súbita.

(27) También se ha estimado el *stock* de capital haciendo uso de otras funciones de supervivencia, entre ellas una función lineal de salida simultánea y una función estrictamente lineal; el análisis de los resultados obtenidos muestra que las estimaciones no difieren sensiblemente según la función de supervivencia utilizada.

(28) Igualmente, se ha supuesto que la inversión se realiza a mitad del año y que la valoración del *stock* de capital corresponde al final del mismo.

(29) En concreto, solo sería necesario disponer de una serie de inversión desde 1975, puesto que todo *stock* de capital anterior ya no se encontraría en uso en 1990, primer año del período estudiado.

(30) Esta información solo se disponía con el detalle suficiente para los últimos años del período, sobre los que se ha calculado.

operadoras no ha permitido su cálculo³¹, por lo que se ha empleado el valor medio obtenido para el resto de empresas.

El factor trabajo ha sido medido por el número de trabajadores a tiempo completo, según las estadísticas proporcionadas por las propias operadoras en sus *Memorias Anuales*, variable que se elabora a partir de la acumulación de las jornadas de trabajadores fijos y temporales. Siguiendo el mismo criterio utilizado en otros estudios sobre el sector, las compras externas o materiales han sido también consideradas como un *input* en el proceso productivo; este concepto incluye el valor de los consumos intermedios utilizados por las operadoras, y su cálculo ha presentado algunos problemas debido al diferente desglose de los costes que presentan las *Memorias Anuales* de las empresas. En los casos en los que no aparecía explícitamente este concepto de gasto se procedió a calcularlo de manera residual, restando de los costes totales (sin incluir los extraordinarios) el gasto en personal, en amortizaciones y el financiero. Las compras externas han sido deflactadas por el índice de precios de los bienes intermedios elaborado para cada país por la OCDE [OCDE (1997d)]; en los casos en que no estaba disponible este índice se utilizó el deflactor del PIB.

Los principales estadísticos descriptivos de la muestra aparecen en el cuadro 3, mientras que el cuadro 4 recoge las tasas de variación interanual entre los años 1990 y 1995 del *output* y los *inputs* trabajo, capital y materiales para cada operadora.

Cuadro 3: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA MUESTRA.
CONJUNTO DEL PERÍODO 1990-95

Variable	Unidades ⁽¹⁾	Desviación			
		Media	típica	Máximo	Mínimo
Producción	Miles de cestas	11.428	12.238	54.624	814
Capital	Millones de dólares	21.750	28.033	129.507	2.000
Trabajo	Número de trabajadores	71.993	77.774	272.903	8.568
Materiales	Millones de dólares	1.799	2.003	7.154	131

(1) Para las conversiones entre monedas se han utilizado Paridades de Poder de Compra (OCDE, 1997d).

(31) Se trata de las empresas *PTT Suisse, France Télécom y Belgacom*.

**Cuadro 4: PRODUCCIÓN, CAPITAL, TRABAJO Y MATERIALES.
TASAS MEDIAS ANUALES DE VARIACIÓN DEL PERÍODO 1990-95**

	Producción	Capital	Trabajo	Materiales
Belgacom	8,0	11,0	0,1	21,9
British Telecom	4,0	3,3	-11,0	-0,4
France Télécom	6,2	3,0	-0,8	13,2
NTT	10,1	11,5	-2,9	2,4
OTE	11,5	6,0	-2,6	3,8
PTT Suisse	6,0	9,8	-0,6	4,4
Telecom Eireann	12,7	3,2	-2,1	7,0
Telecom Italia	9,0	6,1	0,6	-10,0
Telecom NZ	9,8	11,4	-12,0	3,1
Teledanmark	5,9	3,0	-1,6	9,2
Telefónica	5,0	5,0	-1,6	6,7
Telenor	13,1	1,8	-8,4	0,8
Telia	4,2	6,2	-4,9	0,8

4. RESULTADOS

La evolución de la productividad de las operadoras de telecomunicaciones de la muestra que se describe en el epígrafe anterior ha sido obtenida de acuerdo a la expresión [8], que permite calcular individualmente el cambio productivo y descomponerlo en el resultado del cambio tecnológico y la variación en los niveles de eficiencia técnica. Siguiendo a Färe, Grosskopf, Norris y Zhang (1994), los índices *Malmquist* de productividad se han obtenido respecto a una tecnología caracterizada por la existencia de rendimientos constantes a escala; posteriormente, el cambio en la eficiencia técnica se ha descompuesto, según la propuesta de Färe, Grosskopf y Lovell (1994) que recoge la expresión [12], en un elemento de cambio en la eficiencia técnica pura y un componente residual que mide los cambios en la eficiencia de escala. Las funciones distancia requeridas para obtener el cambio técnico y su descomposición han sido calculadas utilizando técnicas de *análisis de la envolvente*, a partir de la resolución de los programas de optimización matemática de las expresiones [15] y [16] bajo supuestos alternativos acerca de las propiedades de escala de la tecnología.

Los resultados obtenidos revelan que en el período 1990-1995 las operadoras de telecomunicaciones estudiadas han conseguido un elevado crecimiento de su productividad, que en promedio es del 8,8 por ciento anual (cuadro 5)³²; sin em-

(32) La información se presenta en forma de números índice, por lo que la obtención de las correspondientes tasas de crecimiento medio anual resulta de restar la unidad a las cifras que aparecen en el cuadro.

bargo, las diferencias observadas entre empresas son ciertamente notables, con una variación de los resultados que va desde el 22,4 por ciento de la operadora neocelandesa *Telecom NZ*, hasta el crecimiento casi nulo de *Telefónica*. La desregulación del mercado de telecomunicaciones en Nueva Zelanda constituye un caso particular en el que, tras arbitrar unos mínimos mecanismos de control, las autoridades permitieron a las empresas competir libremente, dejando la resolución de conflictos entre los agentes a los tribunales ordinarios. Inicialmente esta particularidad dificultó la entrada de nuevos operadores en el mercado, aunque la amenaza de una fuerte competencia favoreció el avance de la productividad de la empresa dominante; esta circunstancia probablemente se esté reflejando en los resultados de este estudio cuando se obtiene que *Telecom NZ* es la operadora que registra en el período un mayor avance de la productividad, motivado por una fuerte mejora en su eficiencia técnica, también de las más sobresalientes de la muestra³³.

Globalmente, el cambio productivo descrito ha sido el resultado de un progreso técnico que, como media del período, ha alcanzado una tasa anual del 4,1 por ciento y de una mejora en la eficiencia técnica del 4,5 por ciento anual; esto es, el avance de la productividad se ha debido en una proporción muy similar a las mejoras en la tecnología y al acercamiento de las empresas a sus respectivas fronteras productivas³⁴. El componente de cambio técnico del índice *Malmquist* de productividad recoge la variación de la productividad de las operadoras que tienen la escala más productiva en cada período y representa el desplazamiento de la frontera para el nivel de *output* de cada empresa; en consecuencia, su rango de variación es reducido y un buen número de operadoras han seguido unas pautas comunes en cuanto al cambio técnico experimentado. Las diferencias entre empresas en el cambio en eficiencia son más acusadas y constituyen la fuente principal de la variabilidad de los resultados en cuanto al crecimiento de la productividad; la operadora noruega *Telenor* y también *Telecom NZ* registran los mayores ritmos de avance en su eficiencia técnica, mientras que empresas como *Belgacom*, *France Télécom* y *PTT Suisse* incluso se alejan de sus fronteras tecnológicas en el período.

La descomposición de los cambios en la eficiencia técnica de las operadoras en el componente que responde a variaciones de su eficiencia técnica pura y la parte que es consecuencia de cambios en su escala de producción permite añadir que, en promedio para el conjunto de la muestra, la fuente de avance de la eficiencia técnica es la mejora en la escala productiva, puesto que no se han registrado variaciones importantes en el nivel de eficiencia técnica pura, observándose en cualquier caso un ligero empeoramiento. Este último resultado debe, no obstante, ser matizado en la medida en que responde a una circunstancia doble; por un lado, un número importante de operadoras se han situado en todo el período sobre la

(33) La información del cuadro 4 muestra que entre 1990 y 1995, *Telecom NZ* reduce su número de trabajadores a prácticamente la mitad, y su capital aumenta a un ritmo medio anual del 11,4 por ciento; ello le permite triplicar con creces su relación capital-trabajo, que en el primer año era, junto a la empresa griega *OTE*, la más reducida de todas las operadoras.

(34) La importancia de las mejoras de eficiencia conseguidas por las operadoras dan muestra de lo inapropiado que hubiese resultado atribuir el crecimiento de la productividad únicamente al cambio técnico.

Cuadro 5: DESCOMPOSICIÓN DE LOS AVANCES DE LA PRODUCTIVIDAD CON EFECTOS DE ESCALA.
TASAS MEDIAS ANUALES DE CRECIMIENTO DEL PERÍODO 1990-95⁽¹⁾

	Índice <i>Malmquist</i> de productividad	Cambio técnico	Cambio en eficiencia técnica	Cambio en eficiencia técnica pura	Cambio en eficiencia de escala
Belgacom	1,015	1,050	0,967	0,943	1,025
British Telecom	1,084	1,043	1,040	1	1,040
France Télécom	1,070	1,077	0,994	0,932	1,067
NTT	1,135	1,077	1,054	1	1,054
OTE	1,074	0,975	1,101	1	1,101
PTT Suisse	1,066	1,077	0,990	0,989	1,001
Telecom Eireann	1,089	1,021	1,067	1	1,067
Telecom Italia	1,083	1,077	1,006	0,997	1,008
Telecom NZ	1,224	1,071	1,143	1,020	1,121
Teledanmark	1,016	1,016	1	1	1
Telefónica	1,007	0,994	1,013	0,977	1,037
Telenor	1,157	1	1,157	1,014	1,141
Telia	1,055	1,051	1,003	1	1,003
Media de la muestra ⁽²⁾⁽³⁾	1,088	1,041	1,045	0,989	1,055
Media de mercados liberalizados ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	1,125	1,052	1,060	1,005	1,054
Media de mercados no liberalizados ⁽³⁾⁽⁴⁾	1,070	1,034	1,037	0,982	1,055
Diferencia de medias ⁽⁵⁾	0,055	0,018	0,023	0,023	-0,001
Estadístico F	2,495	0,730	0,352	2,341	0,002
<i>p-value</i>	0,145	0,411	0,566	0,157	0,964

(1) Las medias son geométricas dado que el índice *Malmquist* es multiplicativo.

(2) En el cálculo de la media de los cambios en eficiencia y productividad se ha excluido a la empresa danesa *Teledanmark* puesto que durante todo el período es la operadora de referencia en la frontera eficiente.

(3) Las medias entre operadoras se han obtenido como medias aritméticas para aplicar los contrastes estadísticos de análisis de la varianza.

(4) Las operadoras incluidas en mercados liberalizados son *British Telecom*, *NTT*, *Telecom NZ*, *Teledanmark* y *Telia*, mientras que las empresas de mercados no liberalizados son *Belgacom*, *France Télécom*, *OTE*, *PTT Suisse*, *Telecom Eireann*, *Telecom Italia*, *Telefónica* y *Telenor*.

(5) Media de mercados liberalizados menos media de mercados no liberalizados.

frontera eficiente para su tamaño y, por tanto, no han experimentado variaciones en sus índices de eficiencia técnica pura; y, por otro, las empresas que presentaban ineficiencias técnicas puras apenas han sufrido cambios en su posición respecto a la frontera, mostrando incluso una cierta tendencia al alejamiento. La mayoría de las operadoras han tendido a mejorar su eficiencia de escala, debido en parte a los bajos niveles de partida; de hecho, las empresas que han registrado un avance más modesto como *Telia* y *PTT Suisse*, además de *Teledanmark* que durante todo el período se sitúa en su frontera eficiente, son las que se encontraban más cerca de su tamaño óptimo al inicio del período.

El crecimiento medio de la productividad en las operadoras de mercados liberalizados ha alcanzado el 12,5 por ciento anual, superando holgadamente al mostrado como media por las empresas pertenecientes a mercados en régimen de monopolio, que ha sido del 7,0 por ciento; sin embargo, las diferencias en cuanto al avance tecnológico registrado son menos acusadas, con unas tasas medias de progreso técnico del 5,2 y el 3,4 por ciento, respectivamente. El cambio en la eficiencia técnica de las empresas pertenecientes a mercados liberalizados alcanza un ritmo anual del 6,0 por ciento, muy superior al crecimiento medio mostrado por las operadoras de mercados no liberalizados, que es del 3,7 por ciento. Esta diferencia tiene su origen en el comportamiento más favorable en términos de eficiencia técnica pura de las primeras, cuyos índices no han sufrido casi variación (básicamente porque la mayoría de ellas se encuentran en sus fronteras tecnológicas), frente al alejamiento de la frontera que han mostrado muchas de las operadoras de países con mercados regulados. La mejora en la eficiencia de escala ha sido muy similar, como lo muestra el hecho de que en ambos grupos de operadoras se han alcanzado tasas medias de crecimiento de los índices de eficiencia de escala en torno al 5,5 por ciento anual.

Los resultados destacados en el párrafo anterior parecen aportar evidencia empírica acerca de la existencia de una tendencia hacia un mayor avance de la productividad en las operadoras pertenecientes a mercados liberalizados en relación a las que operan en mercados en régimen de monopolio, y que se basa fundamentalmente en las mayores ganancias de eficiencia que registran las primeras. La significatividad estadística de estas diferencias se ha contrastado con un análisis de la varianza. Los resultados muestran que el cambio técnico no es significativamente distinto entre ambos tipos de operadoras, y tampoco lo es el cambio en eficiencia técnica; sin embargo, podría aceptarse con una probabilidad de error ligeramente inferior al 15 por ciento la hipótesis de que el avance de la productividad de las empresas de mercados liberalizados es significativamente distinto de aquel que muestran las operadoras de mercados en régimen de monopolio; igualmente, la diferencia de medias en el cambio en la eficiencia técnica pura es estadísticamente significativa con un probabilidad de error similar.

El estudio de la relación entre productividad y liberalización es complejo; la liberalización por sí misma no tiene necesariamente que implicar mejoras inmediatas de eficiencia, sobre todo cuando se lleva a cabo de una manera lenta y parcial, como ha sido la pauta en la mayoría de los países de la OCDE. Por otro lado, circunstancias como cambios en la estructura de las empresas, entrada de capital extranjero, fusiones, absorciones o modificaciones en la titularidad del capital

pueden también producir efectos similares a los de la liberalización, sobre todo cuando se combinan con la amenaza de competencia. Probablemente, algunas de estas situaciones puedan estar relacionadas con ciertos resultados obtenidos en este trabajo. Entre las empresas pertenecientes a mercados no liberalizados, la operadora italiana *Telecom Italia*, la noruega *Telenor* y *Telecom Eireann*, han afrontado importantes cambios en su estructura en la primera mitad de los noventa³⁵; las tres empresas han registrado unas tasas de crecimiento de la productividad y la eficiencia superiores a otras empresas pertenecientes a mercados no liberalizados y, en algunos casos, por encima incluso de algunas operadoras de mercados liberalizados. En la mayoría de empresas restantes, que operan también en mercados no liberalizados, los cambios en su estructura han sido posteriores a 1995, por lo que es de esperar que sus efectos sobre la productividad y eficiencia se hayan producido en años más recientes.

El gráfico 3 ilustra la evolución de la productividad y sus componentes en las operadoras de mercados liberalizados y las que pertenecen a mercados no liberalizados; las trayectorias representadas se han obtenido acumulando en cada caso los cambios anuales que recogen los cuadros 6 y 7. Es necesario apuntar, para una adecuada lectura de esta información, que el índice *Malmquist* de productividad no cumple la propiedad de *circularidad*³⁶, por lo que si se calcula directamente el cambio productivo (o cualquiera de sus componentes) entre los años inicial y final del período, el resultado no tiene porque coincidir con el recogido por el cuadro 5; para que el índice fuera circular sería necesario establecer una única tecnología de referencia respecto a la que realizar las comparaciones. En cualquier caso, resulta interesante observar que el progreso tecnológico ha seguido una pauta muy similar en ambos mercados, mientras que la trayectoria del índice de eficiencia técnica no presenta una tendencia tan definida, aunque sí permite apreciar que para el conjunto del período el avance ha sido de mayor magnitud en las operadoras de mercados liberalizados, que, en consecuencia, han conseguido mayores ganancias de productividad.

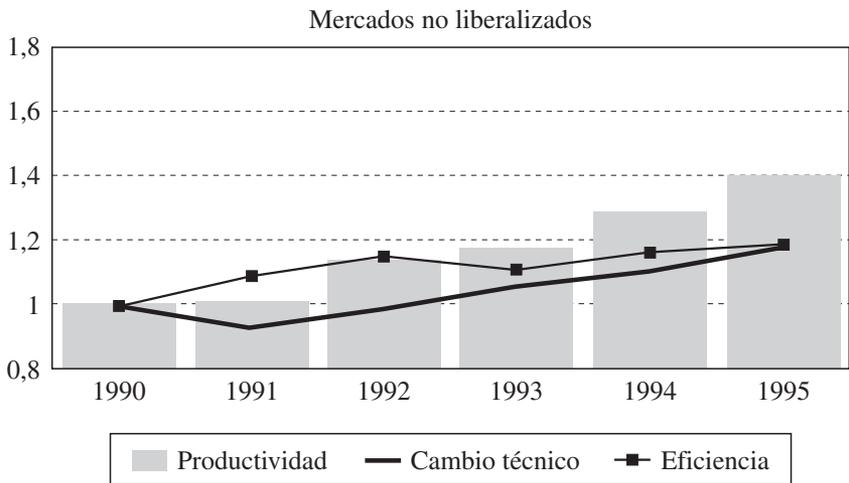
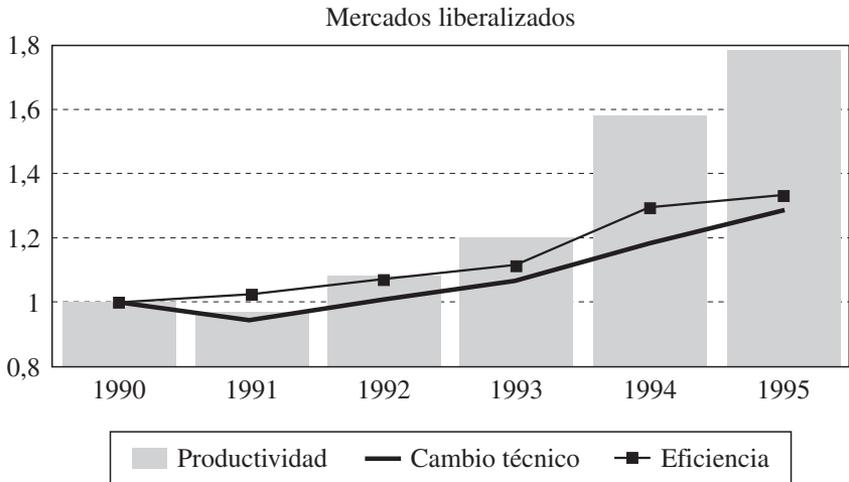
Un segundo aspecto de interés, después de haber estudiado el cambio productivo y sus determinantes, es el análisis de los niveles de eficiencia de las operadoras. El cuadro 8 recoge esta información en los años inicial, en la medida en que los niveles de partida estarán condicionando las tasas de cambio de los índices de los distintos tipos de eficiencia, y final del período estudiado. Haciendo uso de la relación establecida en [3], los índices de eficiencia y de eficiencia técnica pura han sido obtenidos como la inversa de la función distancia en *inputs* calculada bajo rendimientos constantes y variables a escala, respectivamente; el indicador de

(35) *Telecom Italia* nace como tal en el año 1994, tras la absorción por parte de *SIP* (la principal operadora del mercado italiano de telecomunicaciones, perteneciente al grupo estatal *STET*) de cuatro empresas del sector. La empresa noruega *Telenor* surge también en 1994 como sociedad limitada, sucediendo a la operadora estatal *Televerket*. Por último, *Telecom Eireann* es privatizada parcialmente en 1990, dando entrada en su capital a las operadoras holandesa *KPN* y sueca *Telia*.

(36) Esta es una propiedad deseable para cualquier índice [Frish (1936)]; a título de ejemplo, circularidad implicaría la siguiente relación:

$$M_{I,t+2}^j(x^t, y^t; x^{t+2}, y^{t+2}) = M_{I,t+1}^j(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) * M_{I,t+1,t+2}^j(x^{t+1}, y^{t+1}; x^{t+2}, y^{t+2})$$

**Gráfico 3: PRODUCTIVIDAD, CAMBIO TÉCNICO Y EFICIENCIA.
CRECIMIENTO ACUMULADO⁽¹⁾**



(1) El cálculo directo de los cambios de productividad (o de cualquiera de sus componentes) entre los años inicial y final del período no coincide con los resultados del cuadro 5, dado que el índice *Malmquist* tal como se ha definido en [5] y [6] no es circular.

Cuadro 6: PRODUCTIVIDAD, CAMBIO TÉCNICO Y EFICIENCIA. MERCADOS LIBERALIZADOS⁽¹⁾⁽²⁾.
TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO

	Índice <i>Malmquist</i> de productividad	Cambio técnico	Cambio en eficiencia técnica	Cambio en eficiencia técnica pura	Cambio en eficiencia de escala
1990/91	0,973	0,945	1,024	1,005	1,019
1991/92	1,112	1,064	1,042	1,020	1,022
1992/93	1,114	1,063	1,043	1	1,043
1993/94	1,311	1,105	1,161	1	1,161
1994/95	1,129	1,088	1,029	1	1,029

(1) Las operadoras incluidas son *British Telecom, NTT, Telecom NZ, Teledanmark* y *Telia*.

(2) En el cálculo de la media de los cambios en eficiencia y productividad se ha excluido a la empresa *Teledanmark* puesto que durante todo el período es la operadora de referencia en la frontera eficiente.

Cuadro 7: PRODUCTIVIDAD, CAMBIO TÉCNICO Y EFICIENCIA. MERCADOS NO LIBERALIZADOS⁽¹⁾.
TASAS DE CRECIMIENTO MEDIO

	Índice <i>Malmquist</i> de productividad	Cambio técnico	Cambio en eficiencia técnica	Cambio en eficiencia técnica pura	Cambio en eficiencia de escala
1990/91	1,018	0,933	1,091	0,958	1,139
1991/92	1,122	1,061	1,057	0,972	1,087
1992/93	1,034	1,073	0,964	0,993	0,970
1993/94	1,094	1,044	1,049	0,976	1,074
1994/95	1,083	1,062	1,020	1,007	1,012

(1) Las operadoras incluidas son *Belgacom, France Télécom, OTE, PTT Suisse, Telecom Eireann, Telecom Italia, Telefónica* y *Telenor*.

Cuadro 8: DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA

	1990			1995		
	Eficiencia técnica	Eficiencia técnica pura	Eficiencia de escala	Eficiencia técnica	Eficiencia técnica pura	Eficiencia de escala
Belgacom	0,639	0,747	0,855	0,541	0,558	0,970
British Telecom	0,478	1	0,478	0,580	1	0,580
France Télécom	0,438	0,989	0,443	0,425	0,694	0,612
NTT	0,470	1	0,470	0,610	1	0,610
OTE	0,618	1	0,618	1	1	1
PTT Suisse	0,911	0,934	0,975	0,867	0,884	0,981
Telecom Eireann	0,243	1	0,243	0,335	1	0,335
Telecom Italia	0,479	0,780	0,614	0,494	0,771	0,641
Telecom NZ	0,390	0,908	0,430	0,760	1	0,760
Teledanmark	1	1	1	1	1	1
Telefónica	0,550	1	0,550	0,587	0,889	0,660
Telenor	0,442	0,932	0,474	0,916	1	0,916
Telia	0,787	1	0,787	0,801	1	0,801
Media de la muestra	0,573	0,945	0,611	0,686	0,907	0,759
Media de mercados liberalizados ⁽¹⁾	0,625	0,982	0,633	0,750	1	0,750
Media de mercados no liberalizados	0,540	0,923	0,597	0,646	0,850	0,764
Diferencia de medias ⁽²⁾	0,085	0,059	0,036	0,105	0,151	-0,014
Estadístico F	0,459	1,455	0,071	0,680	4,121	0,013
<i>p-value</i>	0,512	0,253	0,795	0,427	0,067	0,911

(1) Las operadoras incluidas en mercados liberalizados son *British Telecom*, *NTT*, *Telecom NZ*, *Teledanmark* y *Telia*, mientras que las empresas de mercados no liberalizados son *Belgacom*, *France Télécom*, *OTE*, *PTT Suisse*, *Telecom Eireann*, *Telecom Italia*, *Telefónica* y *Telenor*.

(2) Media de mercados liberalizados menos media de mercados no liberalizados.

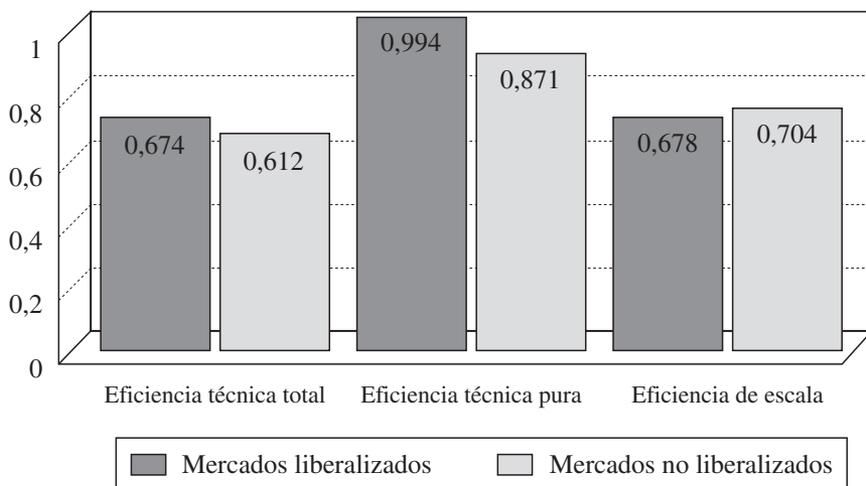
eficiencia de escala se ha calculado según propone la expresión [11]. Como media del conjunto de empresas de la muestra, en el año 1990 el índice de eficiencia técnica es de 0,573, indicando que podría alcanzarse el mismo *output* con una reducción en el consumo de factores algo superior al 42 por ciento. En relación a las causas de esta ineficiencia, los resultados muestran que el índice de eficiencia técnica pura es de 0,945; es decir, dado el tamaño de las operadoras, su alejamiento respecto a la frontera con rendimientos variables a escala sólo explica un consumo adicional de *inputs* del orden del 5,5 por ciento, siendo, en consecuencia, la ineficiencia de escala responsable de la mayor parte de las ineficiencias técnicas. Los resultados obtenidos para el año 1995 no aportan otras conclusiones relevantes además de las ya apuntadas; en cualquier caso, se observa una cierta mejora en la eficiencia técnica, que es el resultado del progreso de los índices de eficiencia de escala. La empresa danesa *Teledanmark* es la única operadora que no presenta ineficiencias técnicas, situándose en todos los años del período sobre su frontera tecnológica; a ella se suma la operadora griega *OTE* en el año 1995.

La diferencia de comportamiento que en este caso se observa entre las empresas de mercados liberalizados y las que operan en países que aún no habían liberalizado su mercado de telecomunicaciones es importante, sobre todo al final del período. En el año 1995, las operadoras de mercados liberalizados podrían mantener su producción reduciendo su consumo de factores en un 25 por ciento (el índice de eficiencia técnica total es igual a 0,750); esta ineficiencia responde íntegramente a una escala de producción no óptima, puesto que todas ellas se encuentran sobre sus respectivas fronteras con rendimientos variables a escala, mostrando por tanto un índice de eficiencia técnica pura igual a la unidad. El ahorro medio de recursos que podrían alcanzar el conjunto de empresas pertenecientes a mercados no liberalizados es del 35,4 por ciento (el índice de eficiencia técnica total es en este caso de 0,646), más de 10 puntos porcentuales superior al correspondiente a las operadoras de mercados liberalizados; ahora, aparecen tanto ineficiencias de escala como en la gestión técnica de la empresa para su tamaño.

En ninguno de los años, las medias de eficiencia técnica total entre las empresas de mercados liberalizados y no liberalizados son significativamente distintas, como tampoco lo son las medias de eficiencia de escala; sin embargo, en el año 1990 no existían diferencias significativas en los índices de eficiencia técnica pura, pero en 1995 éstas sí aparecen y tienen además una elevada significatividad estadística. Este es un resultado que puede estar indicando que la liberalización de los mercados de telecomunicaciones afecta fundamentalmente a la eficiencia en la gestión técnica de las operadoras incentivando su mejora. El gráfico 4 recoge la descomposición de la eficiencia técnica en ambos grupos de operadoras para el conjunto del período³⁷; además de mostrar nuevamente la mayor eficiencia de las operadoras de mercados liberalizados, pone de manifiesto la relevancia de las ineficiencias de escala en el conjunto de empresas de la muestra.

(37) Considerando el conjunto del período 1990-95, las medias de eficiencia de escala y eficiencia técnica total no son significativamente diferentes entre las operadoras de mercados liberalizados y no liberalizados. Sin embargo, la diferencia de medias del índice de eficiencia técnica pura sí tiene significatividad estadística; en particular, el valor obtenido para el estadístico F en el análisis de la varianza es igual a 3,930, con un *p-value* de 0,076.

Gráfico 4: DESCOMPOSICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA.
 MEDIA DEL PERÍODO 1990-1995



En relación al tipo de rendimientos a escala, la operadora danesa *Teledanmark* aparece en todo el período con un tamaño óptimo (cuadro 9). Entre las empresas que operan con rendimientos crecientes, la irlandesa *Telecom Eireann* y la neocelandesa *Telecom NZ* son las que, por este orden, presentan una ineficiencia de escala más acusada (véase el cuadro 8); también *Belgacom* y *Telenor* aparecen con rendimientos crecientes. Un caso particular es la operadora griega *OTE*, que al inicio del período presentaba una considerable ineficiencia de escala con rendimientos crecientes, y al final del mismo ya no incurre en ningún tipo de ineficiencia técnica. El resto de operadoras muestran ineficiencias de escala debido a que sus procesos productivos se llevan a cabo con rendimientos decrecientes, siendo las empresas de mayor tamaño las que presentan las mayores ineficiencias de escala.

Estos resultados, fundamentalmente por lo que se refiere a la presencia de importantes ineficiencias de escala debidas a rendimientos decrecientes, no parecen entrar en contradicción con las tendencias observadas en el sector de las telecomunicaciones hacia la separación de actividades en empresas independientes dentro de los distintos grupos empresariales. Aunque un resultado de este tipo pueda parecer paradójico en un sector tan proclive a las alianzas entre operadoras, para entenderlo, hay que tener en cuenta que tales acuerdos pueden considerarse en buena medida motivados por su carácter estratégico, dentro de las políticas de posicionamiento y reserva de mercado ante la creciente presión competitiva a nivel mundial, así como por la posible existencia de economías de alcance. Un ejemplo que ilustraría la no justificación desde el punto de vista productivo de las

Cuadro 9: TAMAÑO Y TIPO DE RENDIMIENTOS A ESCALA

	1990		1995	
	Tamaño ⁽¹⁾	Rendimientos a escala	Tamaño ⁽¹⁾	Rendimientos a escala
Belgacom	3.694	Crecientes	5.440	Crecientes
British Telecom	25.030	Decrecientes	30.401	Decrecientes
France Télécom	18.045	Decrecientes	24.360	Decrecientes
NTT	33.744	Decrecientes	54.624	Decrecientes
OTE	1.844	Crecientes	3.184	(2)
PTT Suisse	4.841	Decrecientes	6.468	Decrecientes
Telecom Eireann	814	Crecientes	1.480	Crecientes
Telecom Italia	11.031	Decrecientes	16.970	Decrecientes
Telecom NZ	1.553	Crecientes	2.483	Crecientes
Teledanmark	4.704	(2)	6.279	(2)
Telefónica	8.419	Decrecientes	10.736	Decrecientes
Telenor	2.031	Crecientes	3.760	Crecientes
Telia	8.155	Decrecientes	10.020	Decrecientes

(1) En miles de cestas comunes.

(2) No aparecen ineficiencias de escala.

alianzas estratégicas o de reserva de mercado sería la en su día anunciada posible fusión de *Telefónica* con la operadora alemana *Deutsche Telekom*, mientras que la experiencia de *ATT* en Estados Unidos de separar sus actividades en las conocidas *baby bells* sí quedaría justificada desde una perspectiva productiva³⁸.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo se ha planteado con el objetivo de analizar si existen diferencias en la evolución de la productividad de las empresas de telecomunicaciones de la OCDE que operan en mercados liberalizados en relación a las que pertenecen a mercados no liberalizados. El cambio productivo se ha obtenido calculando índices *Malmquist* de productividad, que permiten su descomposición en el resultado del cambio técnico y de las variaciones en los niveles de eficiencia. Los resultados muestran que la productividad de las empresas de telecomunicaciones estudiadas ha registrado en la primera mitad de los noventa un crecimiento ciertamente notable, consecuencia del progreso tecnológico experimentado por el sector, pero también del acercamiento de las operadoras a sus respectivas fronteras tecnológicas o mejora en sus niveles de eficiencia técnica. Asimismo, se obtiene que las mejoras en la escala de producción son la fuente principal del avance de la eficiencia técnica, puesto que no se observan ganancias en la eficiencia técnica pura de las operadoras.

El crecimiento medio de la productividad de las empresas pertenecientes a mercados liberalizados ha superado con holgura al correspondiente a las operadoras de mercados en régimen de monopolio; no obstante, las diferencias en cuanto a la tasa de progreso técnico no son significativas. Por su parte, el avance de la eficiencia técnica en el grupo de operadoras de mercados liberalizados es superior al crecimiento alcanzado por esta variable en las operadoras de mercados no liberalizados; esta acusada diferencia obedece, a su vez, al comportamiento más favorable de las primeras en términos de su gestión técnica (eficiencia técnica pura), puesto que las diferencias en cuanto a las mejoras de escala no son significativas.

El estudio de los niveles de los índices de eficiencia permite constatar la existencia de importantes ineficiencias técnicas en el conjunto de operadoras de la muestra, que son todavía más acusadas en el grupo de empresas de mercados no liberalizados; en su mayor parte, la ineficiencia técnica es el resultado de una escala de producción no óptima. Aunque algunas operadoras muestran ineficiencias de tamaño debidas a rendimientos crecientes, la mayor parte de las ineficiencias de escala son consecuencia de rendimientos decrecientes; este resultado no parece entrar en contradicción con las tendencias más recientes a separar las actividades en empresas independientes dentro de los distintos grupos empresariales de telecomunicaciones, estrategia que estaría justificada desde un punto de vista productivo.

En definitiva, los resultados de esta investigación apuntan la existencia de una tendencia hacia un mayor avance de la productividad en las empresas de telecomunicaciones que operan en mercados liberalizados en relación a las operadoras de mercados no liberalizados, motivada por las mayores ganancias de eficiencia que

(38) Estos ejemplos son deudores de las sugerencias de un evaluador anónimo.

experimentan las primeras. No obstante, no sería prudente desvincular estos resultados de otras circunstancias que hayan podido afectar a la estructura de las empresas analizadas como cambios en la titularidad de su capital, fusiones o absorciones, influyendo también en la evolución de su productividad, como de hecho parece deducirse de los resultados obtenidos para algunas de las operadoras estudiadas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afriat, S. (1972): "Efficiency estimation of production functions", *International Economic Review*, vol. 13, n.º 3, págs. 568-598.
- Arocena, P. y L. Rodríguez (1998): "Incentivos en la regulación del sector eléctrico español", *Revista de Economía Aplicada*, vol. VI, n.º 18, págs. 61-84.
- Auriol, E. (1998): "Deregulation and quality", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 16, n.º 2, págs. 169-194.
- Baily, M.N. (1993): "Competition, regulation and efficiency in services industries", *Brooking Papers on Economic Activity: Microeconomics*, n.º 2, págs. 71-159.
- Banker, R.D. (1984): "Estimating most productive scale size using data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, vol. 17, n.º 1, págs. 35-44.
- Banker, R.D., A. Charnes y W.W. Cooper (1984): "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management Science*, vol. 30, n.º 9, págs. 1078-1092.
- Bauer, P. (1990): "Decomposing TFP growth in the presence of cost inefficiency, non constant returns to scale and technological progress", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 1, n.º 4, págs. 287-300.
- Baumol, W.J. y J.G. Sidak (1994): *Toward competition in local telephony*, MIT Press.
- Baumol, W.J. (1977): "On the proper cost test for natural monopoly in a multiproduct industry", *The American Economic Review*, vol. 67, n.º 5, págs. 809-822.
- Bergman, L., C. Doyle, J. Gual, L. Hultkrantz, D. Neven, L.H. Roller y L. Waverman (1998): *Europe's network industries: conflicting priorities*, CEPR, London.
- Boles de Boer, D. (1995): *The evolution of Telecom Corporation of New Zealand. Essays on organizational performance*, Master of Commerce and Administration Thesis, Victoria University.
- Boles de Boer, D. y L. Evans (1996): "The economic efficiency of telecommunications in a deregulated market: the case of New Zealand", *The Economic Record*, vol. 72, n.º 216, págs. 24-35.
- Caballero, F. y O. Álvarez (1995): "Liberalización del mercado europeo de servicios de telecomunicaciones: evaluación de la adaptación de España al nuevo entorno competitivo", *Papeles de Economía Española*, n.º 63, págs. 252-268.
- Cave, M. (1997): "The evolution of telecommunications regulation in the UK", *European Economic Review*, vol. 41, n.º 3-5, págs. 691-699.
- Cave, M. y P. Williamson (1996): "Entry, competition and regulation in UK telecommunications", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 12, n.º 4, págs. 100-121.
- Caves, D.W., L.R. Christensen y W.E. Diewert (1982a): "Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers", *Economic Journal*, vol. 92, n.º 365, págs. 73-86.
- Caves, D.W., L.R. Christensen y W.E. Diewert (1982b): "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity", *Econometrica*, vol. 50, n.º 6, págs. 1393-1414.

- Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin y L. Seiford (eds.) (1997): *Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications*, 2.ª edición, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Comisión Europea (1999): *Fifth report on the implementation of the telecommunications regulatory package*, Com(1999)537, Bruselas.
- Denny, M., M. Fuss y L. Waverman (1981): "The measurement and interpretation of total factor productivity in regulated industries, with an application to Canadian telecommunications", en Cowing, T.G. y Stevenson, R.E. (eds.): *Productivity measurement in regulated industries*, Academic Press.
- Färe, R. y S. Grosskopf (2000): "Research note: Decomposing technical efficiency with care", *Management Science*, vol. 46, n.º 1, pág. 167.
- Färe, R., S. Grosskopf, B. Lindgren y P. Roos (1989): "Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach", Discussion paper 89-3, *Southern Illinois University*.
- Färe, R., S. Grosskopf, B. Lindgren y P. Roos (1994): "Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach", en Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. y Seiford, L. (eds.): *Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications*, 1.ª edición, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe, R., S. Grosskopf y C.A.K. Lovell (1994): *Production frontiers*. Cambridge University Press.
- Färe, R., S. Grosskopf y M. Norris (1997): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries: reply", *The American Economic Review*, vol. 87, n.º 5, págs. 1.040-1.043.
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris y Z. Zhang (1994): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries", *The American Economic Review*, vol. 84, n.º 1, págs. 66-83.
- 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 honour of Sten Malmquist*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe, R. y C.A.K. Lovell (1978): "Measuring the technical efficiency of production", *Journal of Economic Theory*, vol. 19, n.º 1, págs. 150-162.
- Farrell, M. (1957): "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society. Serie A*, vol. 120, n.º 3, págs. 253-282.
- Flores de Frutos, R., M. Gracia, T. Pérez y P.J. Vega (1996): *Efectos de la inversión en infraestructuras de telecomunicaciones sobre el crecimiento de la economía española: producción, inversión y empleo*, Documento de Trabajo, 96-14, ICAE, Madrid.
- Foreman-Peck, J. y D. Maning (1988): "How well is BT performing? An international comparison of telecommunications total factor productivity", *Fiscal Studies*, vol. 9, n.º 3, págs. 54-67.
- Frish, R. (1936): "Annual survey of general economic theory: the problem of index numbers", *Econometrica*, vol. 4, n.º 1, págs. 1-38.
- Fuss, M. (1994): "Productivity growth in Canadian telecommunications", *Canadian Journal of Economics*, vol. XXVII, n.º 2, págs. 371-392.
- Grifell-Tatjé, E. y C.A.K. Lovell (1995): "A note on Malmquist productivity index", *Economic Letters*, vol. 47, n.º 2, págs. 169-175.
- Grifell-Tatjé, E. y Lovell, C.A.K. (1999): "A generalized Malmquist productivity index", *Top*, vol.7, n.º 1, págs 81-101.
- Grifell-Tatjé, E., C.A.K. Lovell y J.T. Pastor, J.T. (1998): "A quasi-Malmquist productivity index", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 10, n.º 1, págs. 7-20.

- Grosskopf, S. (1986): "The role of the reference technology in measuring production efficiency", *Economic Journal*, vol. 96, n.º 382, págs. 449-513.
- Hoj, J., T. Kato y D. Pilat (1995): "Deregulation and privatisation in the service sector", *OCDE Economic Studies*, n.º 25, págs. 37-74.
- Hulten, Ch.R. (1990): "The measurement of capital", en Berndt, E.R. y Triplett, J.E.: *Fifty years of economic measurement*, Studies in Income and Wealth, n.º 54, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, Chicago.
- Joskow, P. y N. Rose (1989): "The effects of economic regulation", en Schmalensee, R. y Willing, R. (eds.): *Handbook of industrial organization*, vol. 2, North Holland, Amsterdam, págs. 1.449-1.506.
- Kahn, A.E. (1990): "Deregulation: looking backward and looking forward", *Yale Journal of Regulation*, vol.7, n.º 2, págs. 325-354.
- Laffont, J.J. y J. Tirole (1993): *A theory of incentives in procurement and regulation*, MIT Press, London.
- Majumdar, S. (1995): "X-efficiency in emerging competitive markets: the case of US telecommunications", *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 26, n.º 1, págs. 129-144.
- Malmquist, S. (1953): "Index numbers and inference curves", *Trabajos de Estadística*, vol. 4, n.º 1, págs. 202-242.
- Mas, M., F. Pérez y E. Uriel (1999): *El stock de capital en España y su distribución territorial. 1964-1995*, Fundación BBV, Madrid.
- MDIS (varios años): *Communication companies analysis*, Reino Unido.
- Mitchell, B.M. y I. Vogelsang (1991): *Telecommunications pricing: theory and practice*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Moorsteen, R.H. (1961): "On measuring productive potential and relative efficiency", *Quarterly Journal of Economics*, vol. LXXV, n.º 3, págs. 451-467.
- Myro, R. y C. Quirós (1999): "El inicio de la competencia en el mercado telefónico", *Economistas*, n.º 80, págs. 72-79.
- Nishimizu, M. y J.M. Page (1982): "Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: dimensions of productivity changes in Yugoslavia, 1965-78", *Economic Journal*, vol. 92, n.º 368, págs. 920-936.
- Noam, E. (1992): *Telecommunications in Europe*, Oxford University Press, Oxford.
- Nord, T. y T.E. Pedersen (1995): *Liberalización y regulación de las telecomunicaciones. Un estudio comparativo*, mimeo, MOTMA, Madrid.
- OCDE (1990): *Performance indicators for public telecommunications operators*, ICCP series, n.º 22, Paris.
- OCDE (1992): *Methods used by OECD countries to measure stocks of fixed capital*, Paris.
- OCDE (1997a): *Communications outlook*, vol. I y II, Paris.
- OCDE (1997b): *The OECD report on regulatory reform*, vol. I, Paris.
- OCDE (1997c): *Telecommunications database*, Paris.
- OCDE (1997d): *Main economic indicators*, Paris.
- Oniki, H., T.H. Oum, R. Stevenson y Y. Zhang (1994): "The productivity effects of the liberalization of Japanese telecommunications policy", *Journal of Productivity Analysis*, vol. 5, n.º 1, págs. 63-79.
- Orr, F.D. y B.J. Lefebvre (1993): "The impact of regulations on telecommunications productivity and price performance", *Utilities Policy*, October, págs. 311-320.
- Paricio, J. y J.A. Martínez Serrano (1995): "La desregulación de los servicios", en Martín Urbano, P. (edit): *La economía española en un escenario abierto*, Fundación Argentina, Madrid, págs. 61-87.

- Quirós, C. (1998): *Comparación de productividades en las operadoras de telecomunicaciones de los países de la OCDE*, Documento de Trabajo, 05-98, Instituto Universitario Ortega y Gasset, Madrid.
- Ray, S.C. y E. Desli (1997): "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries: comment", *The American Economic Review*, vol. 87, n.º 5, págs.1033-1039.
- Shephard, R.W. (1970): *The theory of cost and production functions*, Princeton University, Princeton.
- Solimene, L. (1994): *Total factor productivity in the Italian telecommunications industry*, University of Southampton, 94-01, Southampton.
- Solow, R. (1957): "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics*, vol 39, n.º 3, págs. 312-320.
- Törnqvist, L. (1936): "The Bank of Finland's consumption price index", *Bank of Finland Monthly Bulletin*, n.º 10, págs. 1-8.
- Triplett, J.E. (1996): "Depreciation in production analysis and in income and wealth accounts: Resolution of an old debate", *Economic Inquiry*, vol. XXXIV, n.º 1, págs. 93-115.
- Tulkens, H. y P. Vanden Eeckaut (1995): "Non-parametric efficiency, progress and regress measures for panel data: methodological aspects", *European Journal of Operational Research*, vol. 80, n.º 3, págs. 474-499.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (1996): *World telecommunications indicators*, Geneva.
- Winfrey, R. (1935): *Statistical analysis of industrial property retirements*, Bulletin 125, Iowa Engineering Experiment Station, Iowa State University, Ames.
- Winston, C. (1993): "Economic deregulation: days of reckoning for microeconomists", *Journal of Economic Literature*, vol. XXXI, n.º 3, págs. 1.263-1.289.

Fecha de recepción del original: marzo, 1999

Versión final: septiembre, 2000

ABSTRACT

The objective of this paper is to study whether there are differences in the evolution of the productivity of the telecommunications firms that operate in liberalised markets as compared to those belonging to their non-liberalised counterparts. Following the proposal of Färe, Grosskopf, Norris and Zang (1994), the productive change of a sample of thirteen telecommunications firms operating in the OECD is obtained on the basis of calculating the Malmquist productivity indexes. There after, this change is broken down into that resulting from technical change and from the changes in the levels of efficiency. The results demonstrate that in the first half of the 1990s the productivity increase of the firms in the liberalised markets exceeded that of those operating in the non-liberalised markets by a significant extent, a tendency reflected in the larger efficiency gains enjoyed by the former. However, the productive change in both type of firms has also been seen to be influenced by circumstances distinct from deregulation and related to changes in the structure of the firms derived from merger and acquisition processes or changes in their capital ownership.

Key words: telecommunications, deregulation, productivity, technical change, efficiency.

JEL classification: C61, D24, L51, L96.